L22DC

savills investment management

SAVILLS I.M. SGR S.P.A.
Sede: Via San Paolo
20121 Milano

LIN10
Via della Costa, 2, Treviglio (BG), 24047
Edificio Ad Uso Data Center

VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs. n.152/2006

Relazione incidenti ferroviari

Documento
4210_ES V RIF 01

Revisione
V.00

Data
Ottobre 2026

Proprietario
Savills I.M. SGR S.p.A

Il Tecnico
Ing. Carlo Grassi

Firmato digitalmente da:
PAOLA ENRICA FIORINI
Data: 28/10/2026 12:33:50

Paolo
Francesco
Lorenzo
Mauri
27.10.2026
17:08:22
GMT+01:00

Alvea

Environment,
Your Next
Asset

Progetto: 26.051.01.P

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

ai sensi degli artt. 23 del D.Lgs. 152/06

Progetto Nuovo Data Center Treviglio (BG)

ANALISI SCENARI INCIDENTALI FERROVIARI

Preparato per: Lombardini 22

Data: 05/11/2026

0

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (VIA) DATA CENTER TREVIGLIO

Analisi scenari incidentali ferroviari

Rev:	data	emissione	note
0	05/11/2026		

Redatto	Verificato	Approvato
C. Grassi	L. Pessina	P. Mauri

Sommario

1 INTRODUZIONE 4
1.1 Prescrizione oggetto di riscontro 4
1.2 Scopo del Lavoro 4
1.3 Ambito della valutazione 5
2 Metodologia per l'analisi degli impatti 6
2.1 Metodo Speditivo 6
2.2 Screening basato sul rischio 7
2.3 Analisi dettagliata delle conseguenze 9
2.3.1 LOC 9
2.3.2 Event Tree Analysis 10
2.3.3 Valutazione dei danni alla popolazione e al Data Center 11
3 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO e CONTESTO 13
4 Sorgente di pericolo ferroviaria e scenari rappresentativi 18
4.1 Traffico merci e possibile trasporto di merci pericolose 18
4.2 Sostanze rappresentative 18
4.3 Screening 20
4.4 Loss of Containment e albero degli eventi 20
4.5 Analisi di sopravvivenza dei sistemi critici 22
4.6 Condizioni ambientali e bersagli 23
5 Valutazione preliminare delle conseguenze 25
5.1 Screening con Metodo Speditivo 25
5.2 Analisi degli scenari: alberi degli eventi 26
5.2.1 Trasporto di GPL 28
5.2.2 Trasporto di sostanze tossiche 33
6 Analisi di sopravvivenza dei sistemi critici e domino 36
6.1 Possibili catene domino 38
6.2 Infrastrutture lineari e interferenze impiantistiche 40
7 Prevenzione, gestione dell'emergenza e coordinamento 41
7.1 Sequenza di risposta in caso di evento ferroviario 42
7.2 Coordinamento con soggetti competenti 44

8 RIFERIMENTI 45

Indice Figure

Figura 1 albero degli eventi. 11
Figura 2 estratto dalla planimetria allegata con evidenza della posizione dei serbatoi, lato NORD – OVEST dello stabilimento. 14
Figura 3 ricostruzione GIS della localizzazione del progetto sull'area di pertinenza e calcolo delle distanze. 16
Figura 4 Disposizione serbatoi di gasolio nel DC. 17
Figura 5 Albero degli eventi per il caso specifico di incendio esterno in prossimità di un serbatoio di gas liquefatto (ad es. GPL, LNG, ecc.) 27
Figura 6 Albero degli eventi per il rilascio di una sostanza tossica (ad es. ammoniaca, cloro, ecc.)..... 27
Figura 7 VCE consequences due to rail tanker catastrophic rupture, totally confined, overpressure in bar g29
Figura 8 consequences of Fire Ball - catastrophic rupture of rail tanker. 30
Figura 9 consequences of POOL FIRE LPG - catastrophic rupture of rail tanker. 32
Figura 10 Schema concettuale della possibile catena di effetto domino originata da un incidente ferroviario. 38
Figura 11 schema percorsi condizionali..... 39

Indice tabelle

Tabella 1 Matrice dell'indice di rischio 8
Tabella 2 Descrizione dell'indice di gravità 8
Tabella 3 Descrizione dell'indice di frequenza 9
Tabella 4 DM 09/05/2001: soglie di riferimento per determinare gli effetti associati agli scenari finali. 12
Tabella 5 dati di contesto per lo studio. 13
Tabella 6 elementi tecnici ed impiantistici presenti nel datacenter in progetto. 13
Tabella 7 dati tecnici di localizzazione degli impianti e luoghi. 14
Tabella 8 dati tecnici impianti tecnologici. 17
Tabella 9 sostanze individuate per l'analisi di incidente. 19
Tabella 10 Albero degli eventi semplificato per gli scenari di rilascio di GPL, cloro e ammoniaca e relativi effetti fisici oggetto di valutazione 21
Tabella 11 Sintesi dei risultati dell'analisi con Metodo Speditivo 25
Tabella 12 Elenco dei LOC identificati per lo studio 28
Tabella 13 Sintesi dei raggi di danno conseguenti alla rottura di un serbatoio di GPL 31
Tabella 14 Sintesi delle conseguenze dell'incendio di pozza di GPL e LNG 32
Tabella 15 riepilogo analisi sopravvivenza sistemi critici 36
Tabella 16 Valutazione preliminare delle possibili catene di effetto domino e dei percorsi fisici da verificare. 39
Tabella 17 prevenzione e gestione dell'emergenza – raccomandazioni. 41
Tabella 18 gestione del caso di evento ferroviario. 42

1 INTRODUZIONE

1.1 Prescrizione oggetto di riscontro

La presente relazione è predisposta in riscontro alla prescrizione “xxxx”, formulata in considerazione della prossimità dell’area di intervento alla linea ferroviaria posta a nord del futuro Data Center LIN10 di Treviglio.

La prescrizione richiede di approfondire la valutazione degli scenari incidentali esterni riconducibili all’infrastruttura ferroviaria, verificando non soltanto il possibile coinvolgimento fisico del sito, ma anche le conseguenze indirette che un incidente ferroviario potrebbe produrre sulla continuità di esercizio e sulla sicurezza delle infrastrutture di progetto.

L’approfondimento considera deragliamento di convogli, incendio di materiale rotabile ed eventuale trasporto ferroviario di merci pericolose. Per quest’ultimo, in assenza di dati di traffico riferiti alla tratta, si definiscono famiglie di scenari condizionali; non si presume né la presenza né l’assenza delle singole sostanze. Gli effetti termici, meccanici, di sovrapressione e tossici sono messi in relazione con edifici, persone e sistemi critici del sito.

La relazione esamina le possibili sequenze domino verso stoccaggio e distribuzione del combustibile, gruppi elettrogeni, trasformatori e batterie, quando sia credibile l’innesco di un secondo evento incidentale. Esamina separatamente le interruzioni funzionali di energia, raffreddamento, ventilazione e accessibilità. Sono individuate le misure progettuali e gestionali e le interfacce di coordinamento con i soggetti competenti.

1.2 Scopo del Lavoro

L’obiettivo della presente relazione è fornire un quadro tecnico organico e verificabile della compatibilità del progetto con i potenziali scenari incidentali originati dalla linea ferroviaria posta a nord del sito.

A tale scopo, l’analisi identifica innanzitutto le sorgenti di pericolo esterne pertinenti e ricostruisce i rapporti geometrici tra la sede ferroviaria, il perimetro di progetto, gli edifici del Data Center e le principali infrastrutture tecnologiche. Particolare attenzione è rivolta alle aree che ospitano i gruppi elettrogeni, i serbatoi belly tank e daily tank, la sottostazione elettrica e gli impianti HVAC, in quanto elementi essenziali sia per la sicurezza sia per la continuità operativa del Data Center.

Sulla base delle informazioni disponibili, vengono quindi definiti scenari incidentali rappresentativi e cautelativi, distinguendo gli eventi che possono essere valutati preliminarmente mediante considerazioni geometriche e funzionali da quelli che richiedono una successiva modellazione quantitativa delle conseguenze. Per gli scenari con rilascio di sostanze pericolose, la relazione imposta infatti i criteri necessari per valutare radiazione termica, sovrapressione, dispersione di nube tossica e, ove pertinente, proiezione di frammenti.

Un ulteriore obiettivo consiste nel verificare la vulnerabilità dei sistemi critici del Data Center e la loro capacità di mantenere la funzionalità, o di raggiungere una condizione sicura, durante e dopo un evento esterno. Tale analisi riguarda la continuità dell’alimentazione elettrica, il funzionamento dei gruppi

elettrogeni e degli UPS, la disponibilità del raffreddamento, la protezione dall'ingresso di fumi o sostanze tossiche e la permanenza delle condizioni necessarie per l'intervento del personale e dei soccorritori.

1.3 Ambito della valutazione

La presente valutazione riguarda esclusivamente gli effetti che un evento incidentale originato dall'infrastruttura ferroviaria può propagare verso il Data Center LIN10 e le relative opere di progetto. L'analisi è quindi finalizzata a verificare l'esposizione del sito, la vulnerabilità delle sue infrastrutture e l'adeguatezza delle misure di protezione e risposta all'emergenza.

Non rientrano nel campo della relazione la valutazione della sicurezza intrinseca dell'esercizio ferroviario, la definizione delle cause di deragliamento, la manutenzione dell'infrastruttura, la gestione del traffico, né la determinazione delle frequenze incidentali di competenza del gestore dell'infrastruttura ferroviaria o delle imprese ferroviarie. Tali aspetti restano disciplinati dalle specifiche competenze e procedure dei soggetti responsabili del sistema ferroviario.

Le informazioni attualmente disponibili consentono di definire la configurazione geometrica di riferimento e di impostare gli scenari cautelativi; tuttavia, non permettono di attestare in modo definitivo la tipologia, la frequenza e le quantità delle merci eventualmente trasportate sulla tratta prossima al sito. Per tale ragione, gli scenari con merci pericolose sono sviluppati utilizzando sostanze rappresentative scelte in funzione delle loro proprietà fisiche e della gravità degli effetti potenziali, e non costituiscono un'attestazione dell'effettivo transito di tali sostanze.

Le conclusioni relative al deragliamento senza perdita di contenimento possono essere formulate, in via preliminare, sulla base delle distanze disponibili tra ferrovia, edifici e impianti esterni.

2 Metodologia per l'analisi degli impatti

Come fase iniziale si fornisce uno screening preliminare delle sorgenti di pericolo identificate utilizzando il "Metodo Speditivo" italiano, così come definito nelle Linee Guida per la Pianificazione di Emergenza Esterna degli Stabilimenti Industriali a Rischio di Incidente Rilevante emanate dal Dipartimento della Protezione Civile del Ministero dell'Interno (gennaio 1994). Nel prosieguo, ci si riferirà a questo come "metodo speditivo". Questo metodo consente una stima rapida e conservativa delle zone di impatto in base al tipo di sostanza, alla quantità e alle condizioni di contenimento, e viene qui adottato come strumento di screening per identificare gli scenari che richiedono un'ulteriore e dettagliata analisi delle conseguenze.

Successivamente, sulla base dei risultati di questa metodologia di screening basata sul metodo speditivo, i casi in cui l'analisi preliminare indica un potenziale danno per il sito vengono sottoposti a una valutazione rigorosa. Come descritto in dettaglio, in seguito, viene eseguita un'analisi delle conseguenze in conformità con le procedure del Yellow Book utilizzando un metodo a soglie. Questa valutazione complessiva prevede la definizione degli eventi di Perdita di Contenimento (LOC), lo sviluppo di specifici Alberi degli Eventi (Event Trees) per ciascuna LOC e la conduzione di una modellazione avanzata tramite il software PHAST per quantificare le conseguenze.

Infine, viene descritto il metodo per valutare il rischio secondo un approccio standardizzato utilizzato nella sicurezza industriale. Il danno fisico e l'interruzione operativa sono valutati separatamente e successivamente collegati attraverso l'analisi dei sistemi critici. Incendi secondari, rilasci o esplosioni all'interno del sito sono classificati come effetti domino solo laddove vengano identificati un'interazione fisica iniziatrice e un incidente secondario credibile.

2.1 Metodo Speditivo

Il metodo speditivo ("Metodo Speditivo")[1], è uno strumento standardizzato progettato dal Dipartimento della Protezione Civile italiana. Il suo obiettivo primario, durante il periodo di vigenza della direttiva Seveso II, era quello di consentire alle autorità locali di redigere piani di emergenza esterna provvisori per i siti industriali a rischio di incidente rilevante, senza dover attendere il lungo processo di validazione dei Rapporti di Sicurezza completi.Esso fornisce un approccio razionale, indipendente e conservativo per stimare le aree di impatto di un potenziale incidente industriale, garantendo la pianificazione immediata delle misure di protezione.Il metodo identifica due zone concentriche attorno al sito industriale, ciascuna delle quali richiede differenti risposte di emergenza:

- Zona 1 (impatto certo): L'area immediatamente adiacente all'incidente. In quest'area sussiste un'elevata probabilità di letalità. La misura principale è il confinamento al chiuso (sheltering) o, in

[1] *The "Metodo Speditivo" was introduced within the framework of the Seveso II Directive (Council Directive 96/82/EC), during its transposition into Italian legislation, through the "Guidelines for External Emergency Planning of Industrial Establishments at Major Accident Hazard" issued by the Department of Civil Protection of the Italian Ministry of the Interior in January 1994. The method was specifically developed to support provisional external emergency planning by providing conservative estimates of expected impact areas, and it is still commonly applied in Italy as a preliminary screening tool, also under the current Seveso III regulatory framework.*

rari casi, l'evacuazione. Questa zona viene identificata sulla base delle soglie di elevata letalità (1) secondo le specifiche del Decreto Ministeriale 09/05/2001, come mostrato nella Tabella 4.

- Zona 2 (danno): Un'area in cui sono possibili danni gravi e irreversibili per la salute delle persone non protette. La misura principale è il confinamento al chiuso. Corrisponde alla soglia delle lesioni irreversibili (3).

L'applicazione tecnica si basa su una sequenza di tabelle di consultazione fornite nel documento per determinare il raggio della Zona 1 e la forma della zona di pericolo (Zona 2).Il processo inizia consultando una tabella per identificare la sostanza pericolosa coinvolta (come Cloro o GPL); questo passaggio fornisce un gruppo preliminare di potenziali Numeri di Riferimento (Reference Numbers).Successivamente, è necessario filtrare questo gruppo in base alle specifiche modalità di stoccaggio (ad esempio, se la sostanza è refrigerata, pressurizzata o interrata) e al tipo di attività, al fine di selezionare l'unico Numero di Riferimento applicabile al caso specifico. Una volta identificato il corretto Numero di Riferimento, è necessario incrociarlo con la quantità massima di sostanza che potrebbe essere coinvolta in un singolo incidente. Questa intersezione rivela una Categoria di Effetto, che consiste in un intervallo di raggi per la Zona 1 e in una specifica forma della zona stessa. Infine, per delimitare la Zona 2 (la zona di danno), viene applicato un Coefficiente di Impatto alla distanza standard calcolata in precedenza. Questo coefficiente è fisso e pari a 2 per le sostanze infiammabili ed esplosive, mentre per le sostanze tossiche è variabile e tabellato.

2.2 Screening basato sul rischio

A seguito dell'identificazione dei potenziali pericoli e della stima delle zone di impatto, viene applicato un processo sistematico di classificazione del rischio (*risk ranking*) per assegnare una priorità agli scenari incidentali. Questo metodo deriva dall'analisi HAZID[2] (*Hazard Identification*), una nota tecnica qualitativa strutturata nell'ambito della sicurezza industriale, utilizzata per identificare sistematicamente i potenziali pericoli e le minacce esterne fin dalle prime fasi del progetto. L'obiettivo di questa valutazione semi-quantitativa è categorizzare ciascun evento identificato in base alla sua criticità, fungendo così da filtro di screening. Ciò garantisce che le risorse analitiche siano concentrate sulle minacce più significative per l'impianto e l'ambiente circostante. Il livello di rischio viene determinato combinando la probabilità stimata dell'evento con l'entità delle sue potenziali conseguenze, proiettando tali valori su una matrice di rischio definita. Sulla base delle analisi eseguite finora, per ciascun scenario viene ricavato un indice di rischio corrispondente a quello definito nella Tabella 1, la quale è stata sviluppata utilizzando la Tabella 2 per valutare in modo semi-quantitativo la gravità (*severity*) sulla base dei risultati ottenuti dal metodo speditivo. La valutazione preliminare della frequenza viene invece eseguita utilizzando i valori qualitativi di probabilità (*likelihood*) riportati nella Tabella 3.

[2] *HAZID (Hazard Identification) is a structured qualitative hazard identification technique originally developed within the process and offshore industries, particularly in the North Sea oil and gas sector, to support early-stage safety assessments. It is widely referenced in international industrial safety practice and guidelines (e.g. UK Health and Safety Executive and ISO 17776), and is commonly applied to systematically identify and rank potential hazards, including external threats, when detailed quantitative data are not yet available.*

Tabella 1 Matrice dell'indice di rischio

		Gravità				
		1 - Insignificante	**2 - Minore**	**3 - Moderata**	**4 - Grave**	**5 - Catastrofica**
Frequenza	**5 - Quasi certo**	5 (Medio)	10 (Medio-Alto)	15 (Alto)	20 (Alto)	25 (Alto)
	4 - Probabile	4 (Medio)	8 (Medio-Alto)	12 (Medio-Alto)	16 (Alto)	20 (Alto)
	3 - Possibile	3 (Basso)	6 (Medio)	9 (Medio-Alto)	12 (Medio-Alto)	15 (Alto)
	2 - Improbabile	2 (Basso)	4 (Medio)	6 (Medio)	8 (Medio-Alto)	10 (Medio-Alto)
	1 - Raro	1 (Basso)	2 (Basso)	3 (Basso)	4 (Medio)	5 (Medio)

La presente revisione non calcola il rischio annuo di incidente ferroviario. Classi di frequenza generiche, come ad esempio "una volta ogni 1.000 anni", non presentano alcun legame dimostrato con questo specifico segmento ferroviario e non vengono utilizzate per escludere o classificare gli scenari (*rank out*). Una futura valutazione probabilistica, qualora si rendesse necessaria, dovrà definire la lunghezza della ferrovia esposta, i movimenti dei treni, la quota di merci pericolose, il denominatore della frequenza degli eventi, le probabilità condizionate di rilascio e di accensione, nonché l'incertezza associata. Le frequenze di guasto delle apparecchiature industriali non possono essere trasferite direttamente ai treni-chilometro o al rischio ferroviario annuo.

Gli scenari che rientrano nelle categorie di rischio medio o superiore saranno soggetti a un'ulteriore e più dettagliata analisi attraverso l'uso di software dedicati e secondo il metodo illustrato nella sezione successiva, al fine di determinare in modo più chiaro e accurato le conseguenze associate.

Tabella 2 Descrizione dell'indice di gravità

Valore	Gravità	Descrizione
1	Insignificante	No injuries, property damage or environmental harm, low financial loss
2	Minore	1st Aid treatment, (on-site release immediately contained), low-medium financial loss
3	Moderata	Serious injuries, (on-site release contained with) outside assistance, medium-high financial loss
4	Grave	Extensive injuries and/or single fatality, (offsite release with no detrimental effects), major financial loss
5	Catastrofica	Multiple fatalities, (toxic release off-site with detrimental effect), huge financial loss

Tabella 3 Descrizione dell'indice di frequenza

Valore	Frequenza	Intervallo temporale	Probability Descrizione
1	Raro	Once every 1000 years	May only occur in exceptional circumstances
2	Improbabile	Once every 100 years	Could occur at some time
3	Possibile	Once every 10 years	Might occur at some time
4	Probabile	Once every year	Will probably occur in most circumstances
5	Quasi certo	10 times per year	Is expected to occur in most circumstances

2.3 Analisi dettagliata delle conseguenze

A seguito dello screening iniziale degli scenari, vengono determinati e quantificati in dettaglio gli scenari credibili peggiori (worst credible scenarios). Questa sezione illustra la metodologia impiegata per determinare accuratamente le conseguenze di tali eventi accidentali. Il processo inizia con l'identificazione dei potenziali casi di Perdita di Contenimento (LOC) e dei relativi meccanismi di rilascio associati. Successivamente, gli scenari finali risultanti vengono definiti attraverso lo sviluppo degli Alberi degli Eventi (Event Trees).

Le conseguenze fisiche di questi scenari vengono poi quantificate mediante l'uso di software di modellazione dedicati. Infine, a ciascun evento viene assegnato un indice di rischio basato su un approccio a soglie, garantendo una valutazione standardizzata delle zone di impatto.

2.3.1 LOC

La valutazione degli eventi accidentali inizia con la definizione degli scenari di Perdita di Contenimento (LOC). Nella sicurezza industriale, una LOC rappresenta l'inizio di un rilascio incontrollato di materiali pericolosi o energia dal loro sistema di contenimento primario. L'identificazione di questi eventi costituisce una fase critica, poiché essi fungono da eventi iniziatori per l'intero processo di modellazione delle conseguenze. Ciascuna LOC è caratterizzata da specifici parametri fisici, quali la dimensione del foro, la pressione, la temperatura e la portata massica, che influenzano direttamente l'entità dei fenomeni successivi. Una definizione rigorosa delle LOC garantisce che tutte le potenziali modalità di guasto, che spaziano dalle piccole perdite fino alle rotture catastrofiche, siano sistematicamente considerate all'interno dello studio di sicurezza.

L'identificazione di specifiche LOC in questo studio viene condotta analizzando ciascuno dei principali eventi di pericolo individuati nel corso del lavoro. Questi eventi primari vengono ulteriormente discretizzati; ad esempio, una singola apparecchiatura può essere soggetta a varie modalità di guasto, quali perdite da

tubazioni di piccolo diametro (small-bore leaks), forature di medie dimensioni o rotture catastrofiche. Ciascuno di questi sub-eventi rappresenta un caso di rilascio distinto che fungerà successivamente da input per l'Analisi degli Alberi degli Eventi (Event Tree Analysis) descritta nella sezione seguente, determinando in ultima analisi gli scenari accidentali finali e le loro conseguenze fisiche.

2.3.2 Event Tree Analysis

L'Event Tree Analysis (ETA) è una tecnica di analisi deduttiva utilizzata per rappresentare in modo strutturato la possibile evoluzione di un evento iniziatore verso differenti esiti incidentali. A partire da un evento iniziale, l'albero considera una sequenza di eventi successivi o di funzioni di sicurezza, ciascuno dei quali può verificarsi o meno, generando differenti percorsi evolutivi e corrispondenti scenari finali.

L'ETA consente quindi di collegare in maniera sistematica l'evento iniziatore ai possibili final outcomes, evidenziando il ruolo delle condizioni che possono modificare l'evoluzione dell'incidente. Tali condizioni possono comprendere, a seconda del caso, l'innesco immediato o ritardato, l'efficacia dei sistemi di rilevazione e isolamento, l'intervento di misure di protezione attive o passive e l'eventuale propagazione dell'evento verso sistemi o apparecchiature adiacenti.

In una fase preliminare, l'ETA può essere utilizzata anche in forma qualitativa, senza attribuire probabilità numeriche ai singoli rami. In questo caso il suo scopo principale è assicurare che siano individuati in modo completo e coerente i possibili sviluppi dell'evento iniziatore e i relativi effetti fisici da sottoporre a successiva valutazione.

A titolo di esempio generale, vedasi figura seguente, una perdita di contenimento di una sostanza infiammabile può evolvere diversamente in funzione della presenza e della tempistica dell'innesco. Un innesco immediato può condurre a un incendio localizzato, un innesco ritardato può determinare un incendio della nube o, in condizioni favorevoli, un fenomeno esplosivo, mentre in assenza di innesco il rilascio può determinare la dispersione della sostanza nell'ambiente. L'albero degli eventi consente di rappresentare in modo ordinato tali possibili evoluzioni e di individuare, per ciascuna di esse, i fenomeni fisici e i bersagli da considerare nella successiva analisi delle conseguenze.

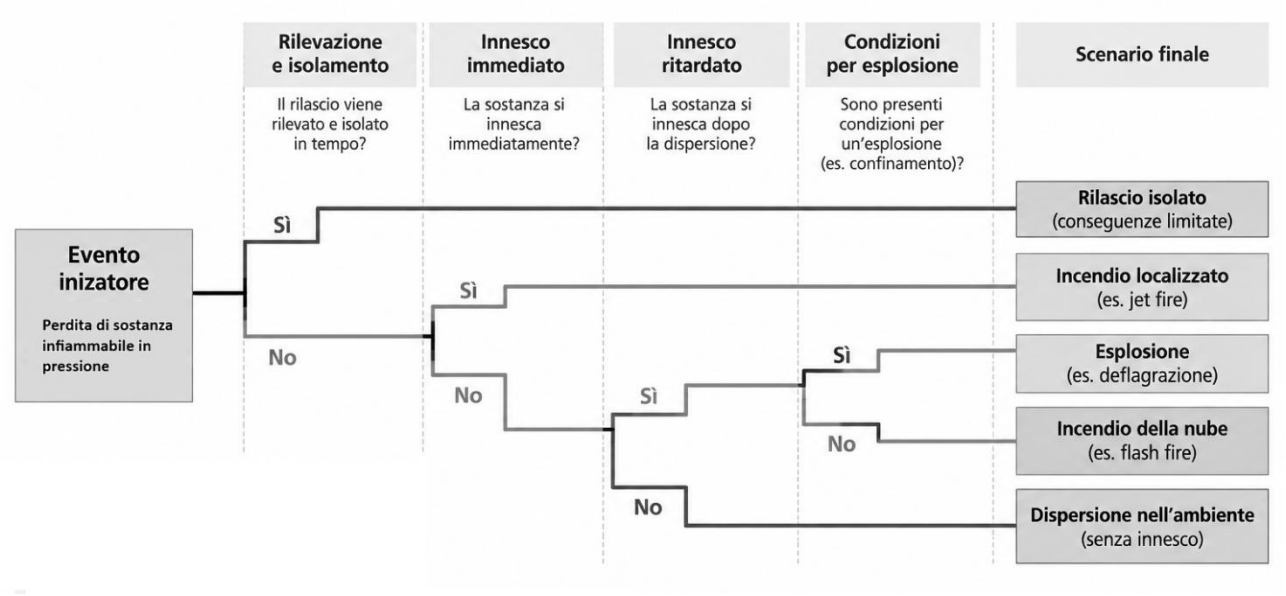

Figura 1 albero degli eventi.

Gli alberi degli eventi specifici applicabili al caso in esame vengono sviluppati successivamente, una volta definite le tipologie di sostanze e gli scenari rappresentativi da sottoporre ad analisi.

2.3.3 Valutazione dei danni alla popolazione e al Data Center

In questo studio, per valutare il rischio viene utilizzato un approccio basato su soglie, ovvero un metodo ampiamente noto e adottato nella Pianificazione Territoriale (Land-Use Planning) e nella valutazione del rischio industriale per stabilire le distanze di sicurezza necessarie attorno agli impianti pericolosi. A differenza dei metodi completamente probabilistici che integrano la frequenza dell'evento con la gravità, questo approccio si concentra principalmente sulla valutazione delle conseguenze degli scenari incidentali di riferimento. Il principio cardine prevede la definizione di specifici valori di impatto fisico, noti come soglie di danno, per i parametri di pericolo critici: l'irraggiamento termico, la sovrapressione e la concentrazione tossica (in ppm o dose tossica).

Questi valori sono standardizzati dalle normative – nello specifico per l'Italia dal D.M. 09/05/2001, le cui soglie sono riportate nella Tabella 4 – in modo da corrispondere a distinti effetti fisiologici sulle persone, che spaziano dalle lesioni reversibili ai danni irreversibili e alla letalità, nonché agli effetti sulle strutture che possono essere estesi agli edifici del data center.

Tabella 4 DM 09/05/2001: soglie di riferimento per determinare gli effetti associati agli scenari finali.

Scenario incidentale	Alto Lethality (1)	Inizio letalità (2)	Lesioni irreversibili (3)	Lesioni reversibili (4)	Danni strutturali / Effetti domino (5)
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12.5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	3 kW/m²	12.5 kW/m²
BLEVE / Fireball (radiazione termica variabile)	Raggio del fireball	359 kJ/m²	200 kJ/m²	125 kJ/m²	200–800 m
Flash fire (radiazione termica istantanea)	LFL	½ LFL	-	-	-
VCE (picco di sovrapressione)	0.3 bar (0.6 in spazio aperto)	0.14 bar	0.07 bar	0.03 bar	0.3 bar
Rilascio tossico (dose assorbita)	LC50 (30 min, uomo)	-	-	IDLH	-

Sviluppando il calcolo tramite modellistica della dispersione delle sostanze pericolose o il rilascio di energia, vengono calcolate le distanze specifiche alle quali tali effetti fisici decadono al di sotto dei limiti prestabiliti. I contorni risultanti delineano la zona di impatto. Ciò fornisce un quadro chiaro e conservativo per la valutazione del rischio.La modellazione delle conseguenze viene eseguita utilizzando il software PHAST, che consente la simulazione degli effetti fisici e delle zone di impatto associati agli eventi di LOC identificati. Per la modellazione delle conseguenze viene considerata una condizione meteorologica di riferimento, nello specifico 5D (salvo diversa indicazione). Essa corrisponde a una velocità del vento di 5 m/s misurata a 10 metri dal livello del suolo e a una stabilità atmosferica neutra (classe D). La classe di stabilità atmosferica D fa riferimento al sistema di classificazione della stabilità di Pasquill-Gifford e rappresenta condizioni atmosferiche neutre, tipicamente associate a velocità del vento moderate e a condizioni diurne coperte o di transizione. La classe D è comunemente adottata nell'analisi delle conseguenze industriali e nella pianificazione territoriale come condizione di riferimento rappresentativa, ed è coerente con le linee guida internazionali e le pratiche normative per la pianificazione delle emergenze e la valutazione dei pericoli.

3 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO e CONTESTO

Il Data Center LIN10 è localizzato in Via della Costa 2, Treviglio (BG). Il lato nord dell'area è affiancato dalla sede ferroviaria. Per l'analisi vengono assunti quattro binari, in rilevato modesto di circa +1 m rispetto al piano di campagna. La più breve distanza dichiarata dall'asse ferroviario a confine/edificio è circa 60 m.

Tabella 5 dati di contesto per lo studio.

Parametro	Dato assunto	Uso nella valutazione
Numero binari	4	Identificazione fascia ferroviaria e binario più vicino
Quota ferroviaria	Circa +1 m; rilevato modesto	Dispersionee, traiettorie e visibilità
Asse binario – edificio/confine	60 m	Verifica meccanica, termica e sovrapressione
Asse binario – gruppi/serbatoi	100 m	Verifica domino energetico e combustibile
Recinzione lato nord	Altezza 4 m	Separazione fisica, controllo accessi e limitazione piccoli detriti

Il progetto prevede infrastrutture IT, sistemi elettrici ridondanti, gruppi elettrogeni esterni, belly tank e daily tank, UPS, raffreddamento, supervisione BMS/PIMS e sistemi antincendio. La valutazione considera quindi anche disponibilità di alimentazione, raffreddamento, controllo e accesso del personale.

Tabella 6 elementi tecnici ed impiantistici presenti nel datacenter in progetto.

Elemento	Configurazione nota	Rilevanza
Gruppi elettrogeni	52 gruppi critici da 2,8 MWe / 3,5 MVA e 2 landlord da 0,8 MWe / 1 MVA	Continuità elettrica in perdita rete
Belly tank	54 serbatoi: 52 da 22 m^3 e 2 da 6 m^3; capacità nominale totale 1.156 m^3	Bersaglio per irraggiamento, sovrapressione e frammenti
Daily tank	1,5 m^3 per gruppo; totale 81 m^3	Combustibile localizzato presso i generatori
Sottostazione	Alimentazioni A/B; potenziamento fino a 100 MVA; lato nord-est	Nodo critico e possibile presenza olio isolante
Sistemi antincendio	Rivelazione in rete ridondata; preazione per gruppi; compartimentazione	Riduzione escalation e supporto ripristino
Gestione acque/olio	Valvole motorizzate e contenimenti diesel; raccolta olio trasformatori 110%	Mitigazione inquinamento secondario

Nella tavola ES V PSO 01-Planimetria serbatoi depositi oli minerali si possono localizzare i serbatoi ed i gruppi elettrogeni presenti nel sito. Nella figura seguente un esempio tipologico di localizzazione del serbatoio del gruppo elettrogeno.

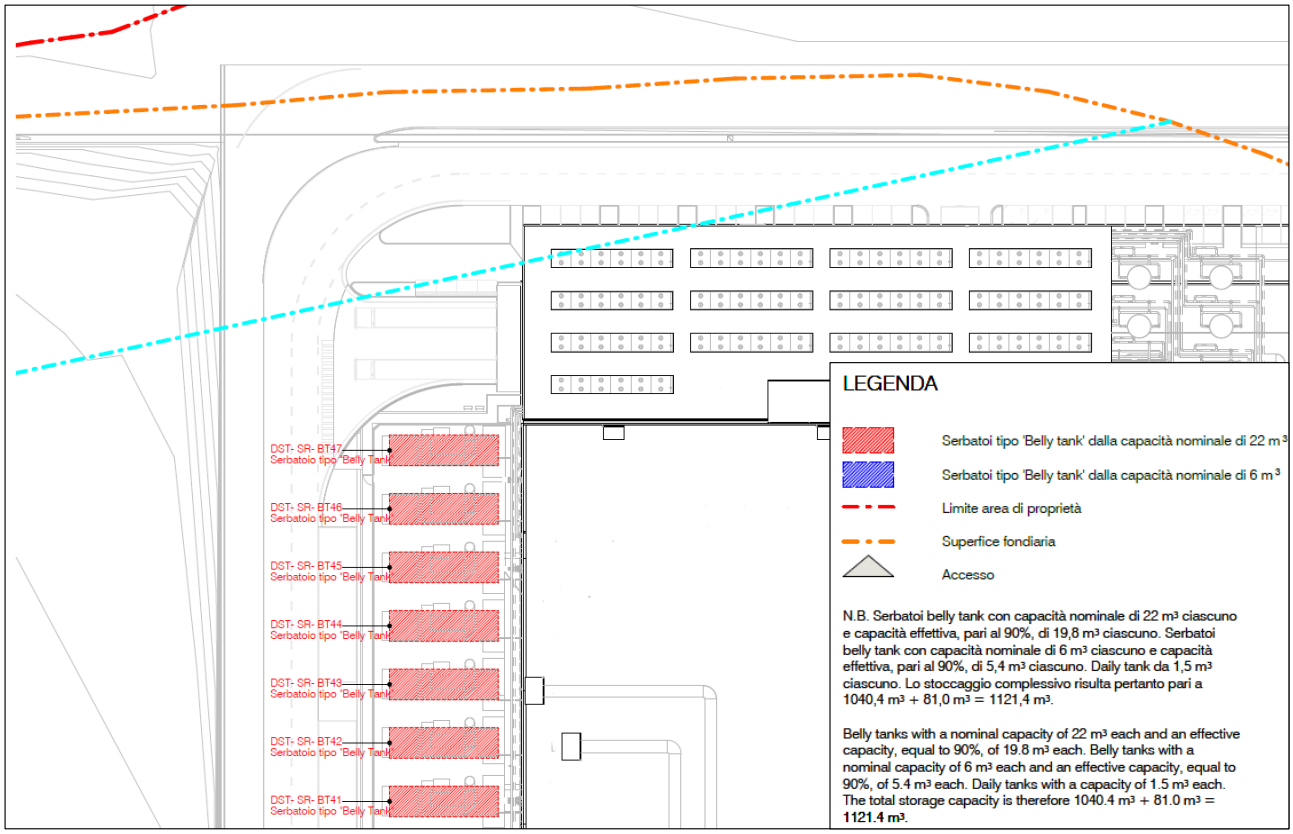

Figura 2 estratto dalla planimetria allegata con evidenza della posizione dei serbatoi, lato NORD – OVEST dello stabilimento.

Il Data Center LIN10 è in progetto in Via della Costa 2, Treviglio (BG), sito che si posiziona a sud della linea ferroviaria. Le distanze di riferimento, prese a riferimento per lo studio, vedasi figura seguente, sono 60 m alla recinzione, 80 m al primo edificio e 100 m al primo serbatoio, coerenti con layout di progetto. L'indicazione di quattro binari e di rilevato circa +1 metro sul livello del suolo. La cabina di consegna e la sottostazione utente occupano il settore nord-est e saranno trattate come bersagli autonomi.

Tabella 7 dati tecnici di localizzazione degli impianti e luoghi.

Parametro	Evidenza disponibile	Stato e uso
Recinzione / edificio / serbatoio	60 / 80 / 100 m dal primo binario	Distanze di riferimento adottate; determinare separatamente gli altri bersagli
Ferrovia	4 binari e circa +1 m rispetto al piano di campagna.	Assunzioni da verificare con gestore e sezioni

Parametro	Evidenza disponibile	Stato e uso
Sottostazione e cabina di consegna	Settore nord-est; cabina di consegna più a nord	Distanze ferroviarie non disponibili; misurare ogni apparecchiatura esposta
Gruppi e daily tank	Posizioni in ES V PSO 01 e tavole architettoniche	Non equiparare automaticamente alla quota del primo belly tank
Recinzione nord	Altezza 4 m	Nessun credito di arresto/tenuta termica o ai gas
Prese e impianti in copertura	HVAC e chiller descritti nel BOD e AA-009	Quote/punti di aspirazione e distanze minime da completare
Accessi	Principale sud-est, secondario sud, AA-004	Percorsi esterni

Nella seguente figura si mostra la sovrapposizione del progetto del datacenter all'ortofoto per la definizione delle distanze caratteristiche.

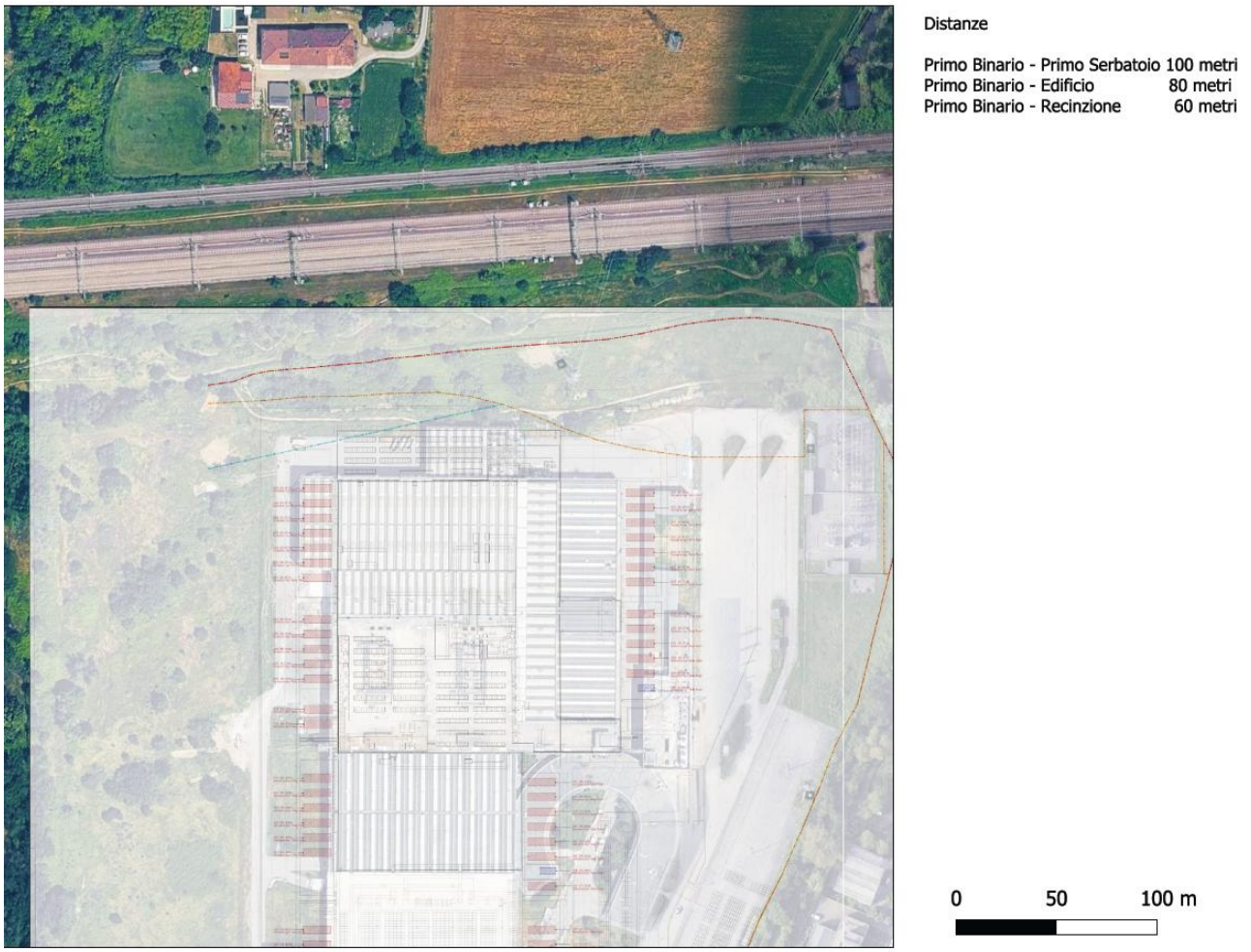

Figura 3 ricostruzione GIS della localizzazione del progetto sull'area di pertinenza e calcolo delle distanze.

Il progetto prevede infrastrutture IT, sistemi elettrici ridondanti, gruppi elettrogeni esterni, belly tank e daily tank, UPS, raffreddamento, supervisione BMS/PIMS e sistemi antincendio. La valutazione considera quindi anche disponibilità di alimentazione, raffreddamento, controllo e accesso del personale.

La sottostazione utente è distinta dalla cabina di consegna Stamperia CS posta più a nord. Sono previsti due trasformatori 132/30 kV da 80/100 MVA ciascuno in ONAN/ONAF, per un inventario complessivo dichiarato di circa 61,6 t, pari a 72,4 m³ di olio. I trasformatori MT/BT dei moduli di potenza sono invece in resina da 3.150 kVA. Questi elementi sono distanti dalla linea ferroviaria 85 metri in linea d'aria.

Tabella 8 dati tecnici impianti tecnologici.

Elemento	Dato progettuale
Generatori	52 × 2,8 MWe / 3,5 MVA; 2 × 0,68 MWe / 0,85 MVA
Belly tank	54 fuori terra: 52 × 22 e 2 × 6 m³ nominali
Day tank	54 × 1,5 m³ = 81 m³
Trasformatori AT/MT	2 × 132/30 kV, 80/100 MVA ciascuno; circa 36,2 m³ olio ciascuno
Trasformatori MT/BT	Resina, 3.150 kVA
UPS e batterie	UPS IT/meccanici Li-ion, 5 min EoL; ausiliari SSE AGM/VRLA 400 Ah
Raffreddamento	Chiller aria–acqua in copertura; circuiti idronici, FanWall/CDU
Contenimenti	Doppie pareti, raccolta e intercettazione; vasche olio con requisito 110%

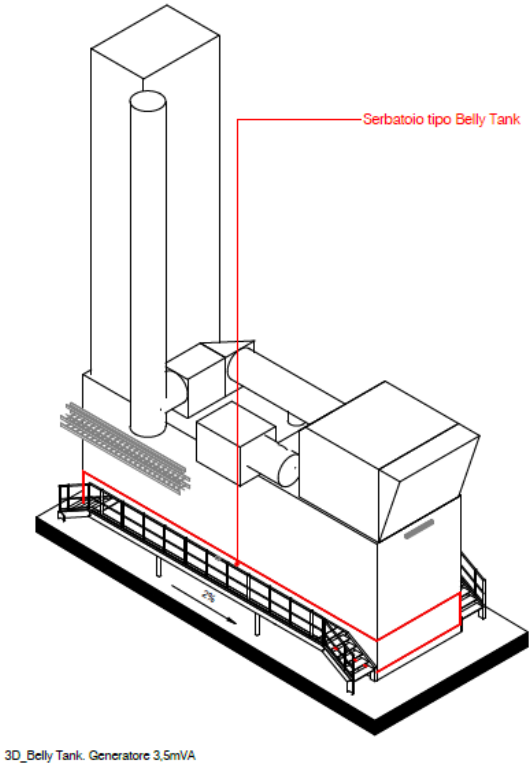

Figura 4 Disposizione serbatoi di gasolio nel DC.

4 Sorgente di pericolo ferroviaria e scenari rappresentativi

4.1 Traffico merci e possibile trasporto di merci pericolose

La linea ferroviaria posta a nord del sito costituisce parte della direttrice Pioltello-Treviglio ed è interessata da traffico merci. La documentazione ferroviaria disponibile consente pertanto di escludere che l'analisi di scenari connessi a convogli merci rappresenti un'ipotesi puramente teorica.

La rete ferroviaria nazionale è inoltre predisposta alla circolazione di convogli adibiti al trasporto di merci pericolose. RFI prevede specifiche modalità di identificazione e monitoraggio di tali treni nell'ambito dei sistemi di gestione della circolazione; le imprese ferroviarie sono tenute a indicare le tracce destinate al trasporto di merci pericolose e a comunicare, per i singoli carri, le informazioni relative alle merci trasportate.

Per la specifica tratta prospiciente il Data Center non sono tuttavia disponibili, allo stato attuale, dati di dettaglio che consentano di determinare la frazione del traffico merci costituita da trasporti soggetti a RID, né di identificare in maniera documentata le sostanze, le quantità e le frequenze di transito.

La valutazione viene pertanto sviluppata assumendo come credibile la possibilità generale di transito di merci pericolose, in ragione della presenza documentata di traffico merci e della funzione della rete ferroviaria, senza tuttavia attribuire alla tratta specifiche sostanze per le quali non sia disponibile evidenza diretta.

4.2 Sostanze rappresentative

In assenza di informazioni sito-specifiche sulla composizione dei convogli RID, la definizione degli scenari di riferimento è effettuata mediante sostanze rappresentative delle principali tipologie di effetto fisico potenzialmente rilevanti per il Data Center.

La scelta di GPL, ammoniaca e cloro non deve pertanto essere interpretata come indicazione dell'effettivo transito di tali sostanze sulla tratta in esame. Essa costituisce una selezione metodologica di casi rappresentativi, coerente con approcci consolidati di analisi del rischio associato al trasporto ferroviario di merci pericolose.

In particolare, studi di riferimento relativi alla sicurezza esterna delle reti di trasporto hanno considerato esplicitamente le filiere di ammoniaca, cloro e GPL, includendo la valutazione delle quantità trasportate e dei rischi associati alle relative vie di trasporto (Molag & Elbers, 2006). Nello stesso studio il trasporto ferroviario dell'ammoniaca e del GPL è analizzato specificamente quale sorgente di rischio lungo le infrastrutture ferroviarie.

Le tre sostanze consentono di rappresentare fenomenologie incidentali differenti e complementari:

GPL, quale riferimento per gas liquefatti infiammabili trasportati in pressione, con possibili effetti termici e di sovrapressione;

cloro, quale riferimento cautelativo per il rilascio di gas tossici liquefatti, caratterizzato da potenziali distanze di dispersione significative;

ammoniaca, quale ulteriore riferimento per il trasporto di sostanze tossiche in pressione e per la valutazione della dispersione atmosferica.

L'utilizzo di tali sostanze consente quindi di verificare la vulnerabilità del sito rispetto alle principali categorie di effetti incidentali potenzialmente associate al trasporto ferroviario di merci pericolose, senza presupporre che i prodotti considerati transitino effettivamente sulla specifica tratta.

Qualora vengano successivamente resi disponibili dati RFI o delle imprese ferroviarie relativi alle classi RID e alle quantità effettivamente trasportate sulla tratta, la selezione degli scenari potrà essere affinata e ricondotta alle merci effettivamente presenti.

La tabella seguente riporta la selezione delle sostanze rappresentative con finalità esclusivamente metodologica e cautelativa, al fine di coprire le principali tipologie di effetti fisici potenzialmente associati all'eventuale trasporto ferroviario di merci pericolose. Tale scelta non costituisce pertanto un'attestazione dell'effettivo transito delle specifiche sostanze sulla tratta ferroviaria prospiciente il sito, informazione che dovrà essere eventualmente confermata dal gestore dell'infrastruttura o dai soggetti competenti.

Il GPL è assunto quale sostanza rappresentativa della famiglia dei gas infiammabili liquefatti in pressione. La sua analisi consente di valutare gli effetti potenzialmente più rilevanti per le infrastrutture del Data Center, costituiti da radiazione termica e sovrapressione. In funzione della modalità di rilascio e delle condizioni di innesco, gli esiti incidentali da considerare comprendono flash fire, incendio di getto o di pozza, esplosione di nube infiammabile (Vapour Cloud Explosion - VCE) e, nel caso di coinvolgimento del recipiente in un incendio esterno, BLEVE con fireball.

Il cloro è assunto come caso cautelativo per la valutazione degli effetti tossici. Il relativo scenario è finalizzato a verificare la possibile dispersione di una nube tossica, con particolare riferimento alle concentrazioni e ai tempi di permanenza presso il perimetro del sito, gli accessi, le aree frequentate dal personale e le prese aria degli impianti HVAC. Tale sostanza è scelta in quanto consente di analizzare una condizione severa di possibile esposizione del personale e di potenziale ingresso di contaminanti negli ambienti interni.

L'ammoniaca è infine considerata quale scenario tossico complementare. La relativa analisi permette di valutare una diversa tipologia di dispersione atmosferica e di verificare l'efficacia delle misure di confinamento, chiusura delle prese aria e gestione dell'emergenza rispetto a una nube tossica. Anche per tale sostanza, i parametri di interesse sono rappresentati dalle concentrazioni raggiunte nei punti sensibili e dalla durata dell'esposizione.

Tabella 9 sostanze individuate per l'analisi di incidente.

Famiglia	Sostanza	Ragione metodologica	Esiti
Gas infiammabile liquefatto	GPL	Effetti termici e sovrapressione	Flash fire, pool/jet fire, VCE, fireball/BLEVE
Gas tossico liquefatto	Cloro	Caso cautelativo per tossicità e presa aria	Nube tossica, concentrazione/durata

Gas tossico	Ammoniaca	Scenario complementare di dispersione	Nube tossica, concentrazione/durata

4.3 Screening

Lo screening qualitativo costituisce la prima fase della valutazione ed è finalizzato a selezionare, tra i possibili eventi originati dalla ferrovia, gli scenari che possono produrre effetti significativi presso il Data Center e che richiedono quindi un approfondimento mediante analisi di conseguenza.

La selezione viene effettuata valutando, per ciascun evento, il rapporto tra la sorgente incidentale e i bersagli presenti nel sito, tenendo conto delle distanze disponibili, della configurazione morfologica e plano-altimetrica, della presenza di ostacoli o barriere, delle caratteristiche delle infrastrutture esposte e delle possibili modalità di propagazione degli effetti. I bersagli considerati comprendono il fabbricato del Data Center, le aree tecniche esterne, i gruppi elettrogeni, i sistemi di stoccaggio e distribuzione del combustibile, la sottostazione elettrica, gli impianti HVAC, gli accessi e le aree di presenza del personale.

Per lo scenario di deragliamento privo di perdita di contenimento, lo screening è condotto principalmente su base geometrica e funzionale. In considerazione della distanza di circa 80 m tra il binario più vicino e gli edifici di progetto, nonché della distanza di circa 100 m dalle aree occupate da gruppi elettrogeni e serbatoi, non risulta plausibile un coinvolgimento diretto di tali elementi da parte di un rotabile deragliato. Restano tuttavia da considerare gli effetti indiretti, quali l'interruzione o la limitazione della viabilità, la possibile indisponibilità degli accessi sul fronte nord, l'interferenza con le operazioni di soccorso e l'eventuale necessità di limitare temporaneamente le attività esterne.

Gli scenari con rilascio di sostanze pericolose non possono invece essere esclusi mediante la sola verifica delle distanze. Gli effetti di un rilascio di sostanze infiammabili o tossiche dipendono infatti dalla quantità coinvolta, dalle caratteristiche fisiche e termodinamiche della sostanza, dalla pressione e temperatura iniziali, dalla modalità di perdita di contenimento, dalla presenza e dal momento dell'innesco, dalle condizioni meteorologiche e dal grado di confinamento della nube infiammabile. Per tali ragioni, gli scenari con merci pericolose sono mantenuti nell'analisi fino alla successiva verifica quantitativa degli effetti termici, di sovrapressione e di dispersione tossica presso i bersagli individuati.

Lo screening non ha pertanto lo scopo di escludere aprioristicamente gli scenari più gravosi, bensì di definire un insieme di casi rappresentativi, coerenti con un'impostazione cautelativa, da sottoporre a modellazione e da utilizzare per la verifica della vulnerabilità delle infrastrutture critiche del Data Center.

4.4 Loss of Containment e albero degli eventi

Per gli scenari che prevedono l'eventuale coinvolgimento di merci pericolose, l'analisi viene sviluppata a partire dalla definizione degli eventi di perdita di contenimento (*Loss of Containment* - LOC). Per LOC si intende il rilascio incontrollato di una sostanza pericolosa dalla propria apparecchiatura o dal proprio contenitore primario, in questo caso rappresentato, in via cautelativa, da un carro cisterna ferroviario coinvolto in un incidente.

La definizione dei LOC costituisce il passaggio iniziale necessario per la successiva modellazione delle conseguenze. Per ciascuna sostanza rappresentativa vengono considerate almeno due modalità di rilascio: la perdita catastrofica, associata alla rottura completa o pressoché completa del recipiente, e il rilascio da foro, associato a una perdita localizzata di differente dimensione. Le due ipotesi consentono di rappresentare sia gli eventi caratterizzati da un rilascio rapido di grande entità, sia le condizioni di perdita più graduale o parziale.

A partire da ciascun LOC, vengono individuati mediante albero degli eventi i possibili esiti fisici conseguenti al rilascio. L'albero degli eventi non ha in questa fase la funzione di attribuire probabilità numeriche agli esiti, che richiederebbero dati specifici sull'esercizio ferroviario e sulle frequenze di guasto; esso costituisce invece uno strumento logico per assicurare che siano considerati in modo sistematico tutti i fenomeni fisici rilevanti ai fini della protezione del sito.

Nel caso di sostanze infiammabili, quale il GPL assunto come sostanza rappresentativa, gli esiti dipendono principalmente dalla presenza di un innesco immediato o ritardato. L'innesco immediato può generare un incendio di getto o, in funzione delle condizioni di rilascio e della formazione di liquido al suolo, un incendio di pozza; l'innesco ritardato può produrre un flash fire oppure, in presenza di condizioni di confinamento o congestione tali da favorire una rapida combustione della nube, una *Vapour Cloud Explosion* (VCE). Nel caso in cui il recipiente contenente gas liquefatto in pressione venga coinvolto da un incendio esterno, viene inoltre valutata la possibilità di BLEVE con fireball, associata a radiazione termica intensa, eventuale sovrapressione e proiezione di frammenti.

Per le sostanze tossiche, quali cloro e ammoniaca assunti come riferimenti cautelativi, l'esito prevalente è costituito dalla dispersione della nube nell'atmosfera. In tale caso, il parametro di interesse è rappresentato dalla concentrazione della sostanza nei punti di possibile esposizione e dalla durata dell'esposizione, con particolare riferimento agli accessi, alle aree esterne frequentate dal personale e alle prese d'aria degli impianti di ventilazione e condizionamento.

Tabella 10 Albero degli eventi semplificato per gli scenari di rilascio di GPL, cloro e ammoniaca e relativi effetti fisici oggetto di valutazione

Evento iniziale	Condizione o ramo dell'albero	Esito incidentale potenziale	Effetto da valutare
Rilascio di GPL	Innesco immediato	Jet fire o pool fire	Radiazione termica e possibile innesco secondario
Rilascio di GPL	Innesco ritardato	Flash fire	Estensione della nube infiammabile e radiazione termica
Rilascio di GPL	Innesco ritardato in condizioni di confinamento/congestione	VCE	Sovrapressione, radiazione e danno a componenti/strutture
Rilascio di GPL con recipiente	Cedimento del recipiente in pressione	BLEVE/fireball	Dose termica, sovrapressione e proiezione di frammenti

esposto a incendio			
Rilascio di cloro o ammoniaca	Assenza di innesco rilevante	Dispersionee atmosferica della nube tossica	Concentrazione, durata di esposizione e possibile ingresso nelle prese aria

Gli esiti individuati saranno utilizzati per definire le simulazioni di conseguenza e per verificare, presso i bersagli del Data Center, il rispetto delle soglie di radiazione termica, sovrapressione e concentrazione tossica adottate dalla relazione.

4.5 Analisi di sopravvivenza dei sistemi critici

L'analisi di sopravvivenza dei sistemi critici (*Analisi di sopravvivenza dei sistemi critici* - CSSA) integra la valutazione degli effetti fisici degli scenari incidentali con la verifica della capacità del Data Center di mantenere le proprie funzioni essenziali, oppure di raggiungere e mantenere una condizione sicura, durante e dopo un evento esterno.

L'approccio non si limita pertanto a verificare l'integrità del fabbricato o delle apparecchiature direttamente esposte, ma esamina le dipendenze funzionali tra i diversi sistemi che assicurano la continuità di esercizio del Data Center. In particolare, sono considerati il carico IT e i data hall, i sistemi di alimentazione elettrica ordinaria e di emergenza, gli UPS, i gruppi elettrogeni, i serbatoi di combustibile, la sottostazione elettrica, i sistemi di raffreddamento e HVAC, la rivelazione e lo spegnimento incendi, i sistemi di supervisione e controllo, le reti di comunicazione e le modalità di accesso del personale e dei soccorritori.

Per ciascun sistema viene individuata la funzione svolta, la relativa criticità per la sicurezza e per la continuità operativa, la collocazione fisica, le principali dipendenze da altri impianti e le eventuali ridondanze disponibili. Il sistema viene quindi confrontato con gli effetti derivanti dagli scenari incidentali rappresentativi: impatto meccanico, radiazione termica, sovrapressione, presenza di fumi o di nube tossica, indisponibilità dell'alimentazione elettrica, perdita della ventilazione o impossibilità di accesso alle aree tecniche.

La valutazione considera, in particolare, la possibilità che un primo evento determini l'indisponibilità di una funzione critica e inneschi una catena di conseguenze secondarie. A titolo esemplificativo, l'ingresso di fumi o sostanze tossiche nelle prese aria può richiedere il fermo temporaneo dell'HVAC; tale fermo deve essere compatibile con l'autonomia termica dei locali e con la continuità del raffreddamento delle apparecchiature IT. Analogamente, un danno o una limitazione operativa dei gruppi elettrogeni può assumere rilievo nel caso di indisponibilità della rete elettrica, rendendo necessario verificare la disponibilità delle alimentazioni ridondanti, degli UPS e dell'autonomia di combustibile.

Per ogni sistema critico saranno pertanto esaminati: l'esposizione diretta allo scenario; la vulnerabilità rispetto agli effetti fisici calcolati; la capacità di contribuire o meno all'escalation dell'evento; l'autonomia o il funzionamento in condizioni temporaneamente degradate; la possibilità di garantire l'evacuazione, il confinamento o l'intervento in sicurezza; le azioni di ripristino e le eventuali ulteriori misure di protezione richieste.

L'esito della CSSA sarà riportato in specifiche schede o tabelle di sintesi, nelle quali saranno indicati, per ciascun sistema, la funzione, il livello di criticità, i potenziali modi di guasto, le barriere esistenti, il livello di vulnerabilità e le azioni correttive o integrative eventualmente necessarie. Questo passaggio consente di collegare in modo trasparente i risultati delle modellazioni, di conseguenza, alle misure concrete necessarie per garantire la resilienza e la continuità operativa del Data Center.

4.6 Condizioni ambientali e bersagli

La valutazione degli effetti conseguenti agli scenari di rilascio, incendio, esplosione o dispersione tossica richiede la definizione di condizioni ambientali e meteorologiche rappresentative del sito. Tali condizioni influenzano in modo significativo sia la propagazione delle nubi di sostanze infiammabili o tossiche sia l'intensità e la direzione degli effetti termici e di sovrapressione eventualmente associati.

Per gli scenari di dispersione atmosferica, assumono particolare rilievo la velocità e la direzione del vento, la classe di stabilità atmosferica, la temperatura dell'aria, l'umidità e le condizioni di turbolenza. Velocità del vento basse e condizioni di atmosfera stabile possono infatti favorire la permanenza della nube e il raggiungimento di concentrazioni più elevate a distanza dalla sorgente, mentre velocità maggiori tendono a favorire la diluizione ma possono estendere la nube lungo la direzione di trasporto. La direzione del vento assume rilievo specifico per l'individuazione delle condizioni nelle quali una nube generata in corrispondenza della ferrovia possa interessare il perimetro e le infrastrutture del Data Center.

Le simulazioni quantitative dovranno pertanto utilizzare dati anemometrici e meteorologici rappresentativi dell'area di Treviglio, preferibilmente derivati da una stazione locale o da una ricostruzione meteorologica validata per il sito. Dovranno essere considerate più condizioni di calcolo, comprendendo almeno i casi meteorologici cautelativi per la dispersione tossica e quelli rappresentativi per la valutazione degli effetti termici e di sovrapressione. L'adozione di un'unica condizione meteorologica standard potrà essere utilizzata per confronti preliminari, ma dovrà essere integrata con verifiche riferite alla climatologia locale e alle direzioni del vento orientate dalla ferrovia verso il sito.

Nella definizione del modello dovrà inoltre essere considerata la rugosità del terreno e la presenza degli edifici, delle recinzioni, delle aree tecniche e delle altre strutture presenti tra la sede ferroviaria e i bersagli. Tali elementi possono influenzare la dispersione della nube, determinando fenomeni di deviazione, canalizzazione, ristagno locale o aumento della turbolenza. La lieve differenza di quota tra la sede ferroviaria e il piano di campagna del sito dovrà essere rappresentata, ove tecnicamente significativo, insieme alla geometria effettiva degli edifici e delle aree esterne.

I bersagli della valutazione sono individuati non solo in funzione della possibile presenza di persone, ma anche in relazione alla necessità di garantire la continuità operativa del Data Center e di prevenire eventuali effetti domino. In particolare, le modellazioni e le verifiche di vulnerabilità dovranno riferirsi almeno ai seguenti punti o aree:

- facciata e copertura degli edifici posti sul lato nord, quali elementi dell'involucro maggiormente esposti alla sorgente ferroviaria;
- piazzali e aree tecniche che ospitano i gruppi elettrogeni;

- belly tank, daily tank, tubazioni e apparecchiature associate allo stoccaggio e alla distribuzione del combustibile;
- sottostazione elettrica, trasformatori, apparecchiature AT/MT e relativi sistemi di contenimento dell'olio;
- prese aria, espulsioni, unità di trattamento aria e altre aperture dei sistemi HVAC;
- accessi carrabili e pedonali, percorsi di emergenza e viabilità utilizzabile dai mezzi di soccorso;
- locali presidiati, aree esterne potenzialmente frequentate dal personale e punti di raccolta;
- eventuali reti o infrastrutture lineari, comprese quelle di gas e ossigeno, qualora presenti nelle aree potenzialmente interessate dagli effetti modellati.

Per ciascun bersaglio dovranno essere riportati in tavola la posizione, la quota di riferimento e la funzione svolta; i risultati delle modellazioni saranno quindi confrontati con le pertinenti soglie di radiazione termica, sovrapressione o concentrazione tossica. Tale impostazione consente di valutare separatamente la protezione delle persone, l'integrità fisica delle infrastrutture e la resilienza operativa del Data Center.

5 Valutazione preliminare delle conseguenze

5.1 Screening con Metodo Speditivo

Un breve riassunto dei risultati è fornito nella tabella seguente, dove le prime due colonne riportano, rispettivamente, le sostanze pericolose e le relative apparecchiature o unità di stoccaggio. La terza colonna presenta la classe di rischio risultante dall'analisi condotta, mentre le ultime due colonne riportano, rispettivamente, i raggi di danno per la Zona 1 e la Zona 2. Gli scenari evidenziati in giallo sono quelli che interessano il sito; per questi casi, verrà eseguita un'ulteriore e più dettagliata analisi che sarà presentata nella sezione precedente.

Tabella 11 Sintesi dei risultati dell'analisi con Metodo Speditivo

ID evento	Sostanza	Elemento	Classe	Zona 1 [m]	Zona 2 [m]
1	LPG	Carro cisterna ferroviario	C I	100	200
2	AMMONIACA	Carro cisterna ferroviario	D III	103	320
3	CLORO	Carro cisterna ferroviario	F III	553	1439

Per ciascuna categoria di eventi viene presentata una matrice di rischio per riassumere i risultati, seguita da una valutazione dettagliata delle conseguenze, dall'albero degli eventi e dalle distanze di danno calcolate. Per gli incidenti che coinvolgono le ferrocisterne di GPL (evento 1), il metodo speditivo prevede conseguenze non incidenti sul sito, determinando un indice di gravità massimo pari a 1 e una frequenza di livello 2, per un indice di rischio complessivo pari a 2 (basso). Per ulteriori dettagli, consultare la documentazione tecnica di riferimento.

LPG Tank wagon and flammable substances transportation- Ferrovia

		Gravità				
		1	2	3	4	5
Frequenza	5					
	4					
	3					
	2	2 (Basso)				
	1					

Nel caso del trasporto di sostanze tossiche (ammoniaca e cloro), va innanzitutto rilevato che le conseguenze attese di un incidente e del conseguente rilascio di sostanza interessano esclusivamente le persone, senza alcun impatto diretto sulle strutture. Dato l'elevato rischio residuo (per il personale, nonostante l'impatto limitato sulle strutture), si rende necessaria un'ulteriore valutazione.

Trasporto di sostanze tossiche – Ferrovia

		Gravità				
		1	2	3	4	5
Frequenza	5					
	4					
	3					
	2	Edifici e salute umana - 2 (Basso)				
	1					Solo alcune sostanze – Salute umana - 5 (Medio)

5.2 Analisi degli scenari: alberi degli eventi

In questa sezione, i possibili scenari derivanti dalle diverse tipologie di sostanze descritte in precedenza vengono brevemente analizzati utilizzando un approccio semplificato ad albero degli eventi.

La Figura 5 illustra la situazione specifica in cui, in prossimità di un serbatoio contenente un gas che si troverebbe normalmente a temperatura e pressione ambiente, la sostanza viene stoccata in forma liquida per effetto di pressurizzazione, refrigerazione o una combinazione di entrambe. In questo caso, può verificarsi lo scenario di un BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), che consiste in una violenta esplosione causata dall'elevata pressione interna del recipiente, la quale porta alla rottura del serbatoio stesso e all'improvviso rilascio del liquido pressurizzato che evapora istantaneamente. Se la sostanza rilasciata viene esposta a un incendio esterno, può svilupparsi uno scenario di fireball (palla di fuoco), ovvero un incendio di grandi dimensioni e di breve durata che comporta la rapida combustione del materiale rilasciato. Questo albero degli eventi include anche la possibilità, sebbene remota, di un innesco ritardato.

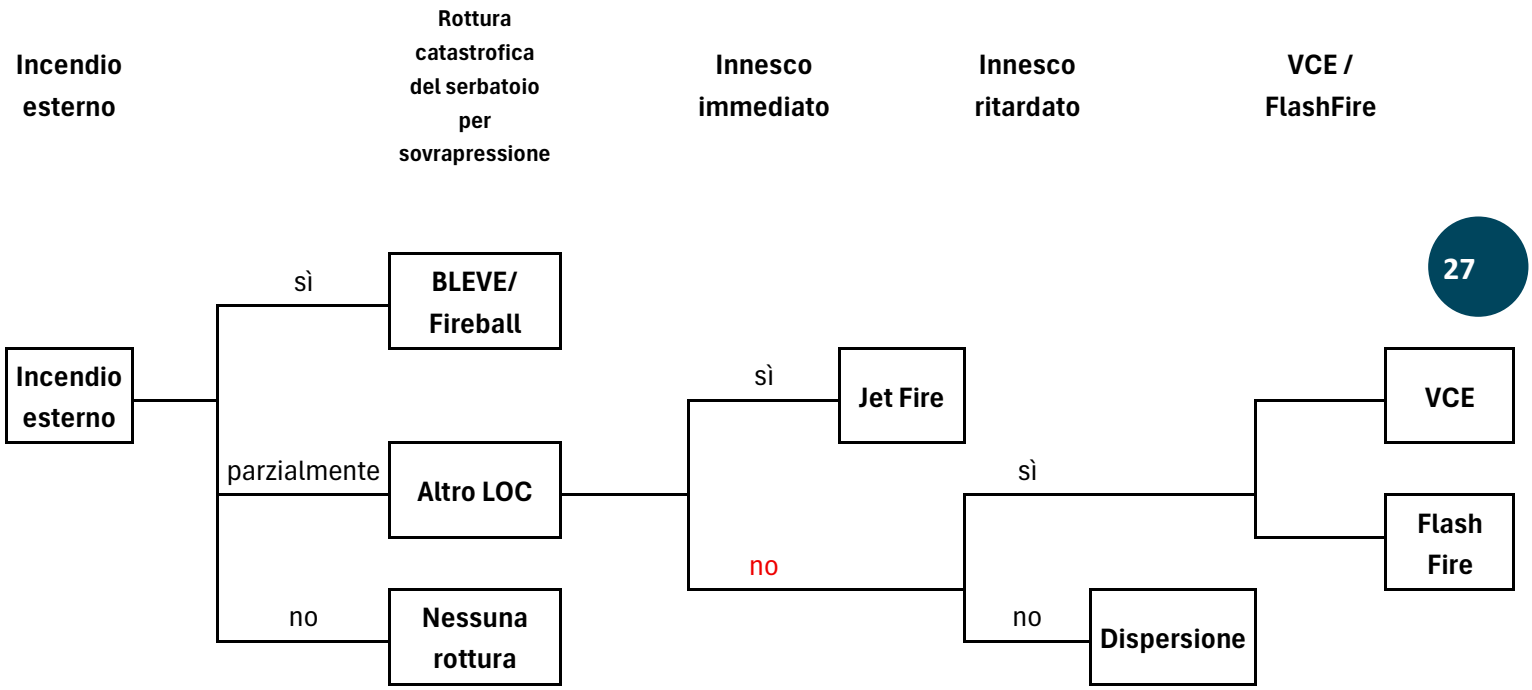

Figura 5 Albero degli eventi per il caso specifico di incendio esterno in prossimità di un serbatoio di gas liquefatto (ad es. GPL, LNG, ecc.)

Infine, la Figura seguente presenta l'albero degli eventi per il rilascio di una sostanza tossica. In questo caso, l'unico scenario rilevante è la dispersione, a meno che il rilascio non venga intercettato da sistemi di mitigazione; tuttavia, almeno inizialmente, si assume che ciò non avvenga per le situazioni considerate nel presente studio. In questo contesto, la dispersione stessa rappresenta la sorgente di pericolo immediato per le persone, mentre non si prevede alcun pericolo diretto per le strutture.

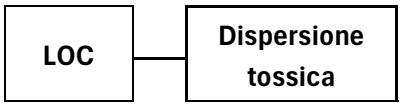

Figura 6 Albero degli eventi per il rilascio di una sostanza tossica (ad es. ammoniaca, cloro, ecc.)

La tabella seguente riassume tutte le LOC (Loss of Containment) identificate per gli scenari più critici e per le quali viene eseguita la valutazione dettagliata delle conseguenze. La tabella riporta la sostanza pericolosa, il recipiente di contenimento e la massa stoccata. Inoltre, la tabella fornisce la pressione di stoccaggio o d'esercizio (compresi i valori stimati laddove non fossero disponibili dati precisi), la durata del rilascio e il diametro di scarico. Nei casi in cui il diametro di rilascio è classificato come "catastrofico", esso indica un rilascio istantaneo dell'intera massa stoccata.

Tabella 12 Elenco dei LOC identificati per lo studio

ID	sotto-ID	materiale	Elemento	Inventario [10^3 kg]	Pressione [bar g]	Durata [s]	Diametro [mm]
1	a	LPG	Carro cisterna ferroviario	47	11	-	catastrofico
	b	LPG	Carro cisterna ferroviario	47	11	600	75
	c	LPG	Carro cisterna ferroviario	47	11	600	10
2	a	AMMONIACA	Carro cisterna ferroviario	55	11	-	catastrofico
	b	AMMONIACA	Carro cisterna ferroviario	55	11	600	10
3	a	CLORO	Carro cisterna ferroviario	66	11	-	catastrofico
	b	CLORO	Carro cisterna ferroviario	66	11	600	10

Nel prosieguo viene riportato il dettaglio delle valutazioni.

5.2.1 Trasporto di GPL

Il GPL è un materiale pericoloso tipicamente trasportato da treni merci (evento 9). I possibili scenari che possono verificarsi a seguito di un rilascio sono riassunti in precedenza nella Figura 5 e descritti nel prosieguo.

La Figura 9 mostra l'impronta massima della nube di GPL al livello di concentrazione del LFL (Limite Inferiore di Infiammabilità), corrispondente all'area in cui il danno di riferimento è la letalità delle persone all'interno della zona interessata a causa di un incendio della nube (flash fire), ovvero un incendio di brevissima durata che dura solo pochi secondi (tipicamente meno di 5 secondi).

Al fine di adottare il risultato più conservativo per la sicurezza del sito, viene mostrata l'impronta calcolata in condizioni meteorologiche 5D. Dalla Figura 9 si può inoltre osservare che l'estensione della nube di vapore con concentrazioni superiori al LFL si diffonde attualmente su un'area non confinata; tuttavia, una volta costruita la nuova struttura, circa il 25% della nube cadrà all'interno di un'area caratterizzata dalla presenza di edifici e sarà pertanto considerata confinata.

Per questo motivo, e poiché per il calcolo delle conseguenze di un'esplosione di una nube di vapore (VCE) viene adottato il Metodo Multi-Energy (MEM), a un volume pari al 25% della nube viene assegnato un livello di confinamento pari a 7, mentre alla parte restante viene assegnato un livello di confinamento pari a 2 (non

confinato). Si assume inoltre che l'innesco della VCE avvenga nel punto del rilascio. L'implementazione di questo modello con gli input sopra indicati nel software Phast fornisce i risultati mostrati nel prosieguo.

La figura seguente mostrano le conseguenze fisiche di una VCE derivante dalla rottura di una singola ferrocisterna di GPL. Le strutture possono essere interessate da livelli di sovrapressione capaci di causare danni strutturali.

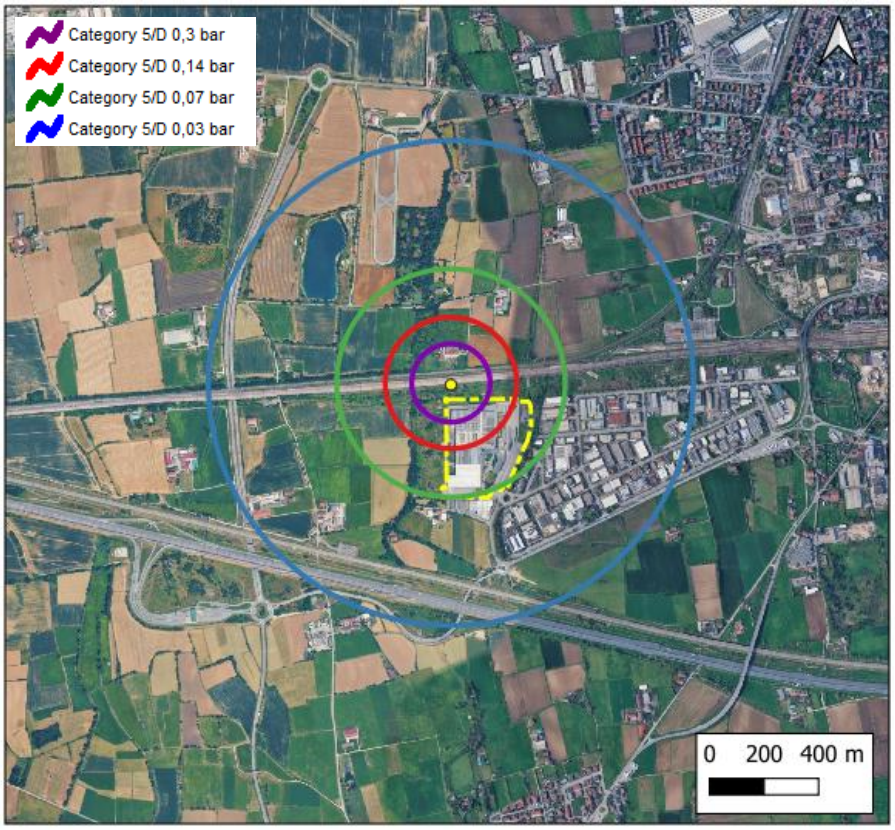

Figura 7 VCE consequences due to rail tanker catastrophic rupture, totally confined, overpressure in bar g

In aggiunta ai casi discussi sopra, un altro scenario severo che può causare danni alle persone è la fireball (palla di fuoco), vale a dire un grande incendio derivante dal rapido rilascio e dall'accensione di una sostanza infiammabile, tipicamente a seguito di un BLEVE. In questo caso, si assume una durata dell'incendio di 10 s; pertanto, le soglie di energia riportate nella Tabella 13 sono state divise per questa durata al fine di ottenere i corrispondenti livelli di irraggiamento termico.

I risultati indicano che questo scenario può causare danni alle persone all'interno dell'area del sito. Ciò nonostante, si applicano le stesse considerazioni già discusse per lo scenario di VCE. Viene ulteriormente sottolineato che, a causa della brevissima durata della fireball, l'evacuazione immediata non è fattibile; di conseguenza, la misura protettiva immediata più efficace consiste nell'essere all'interno di un edificio.

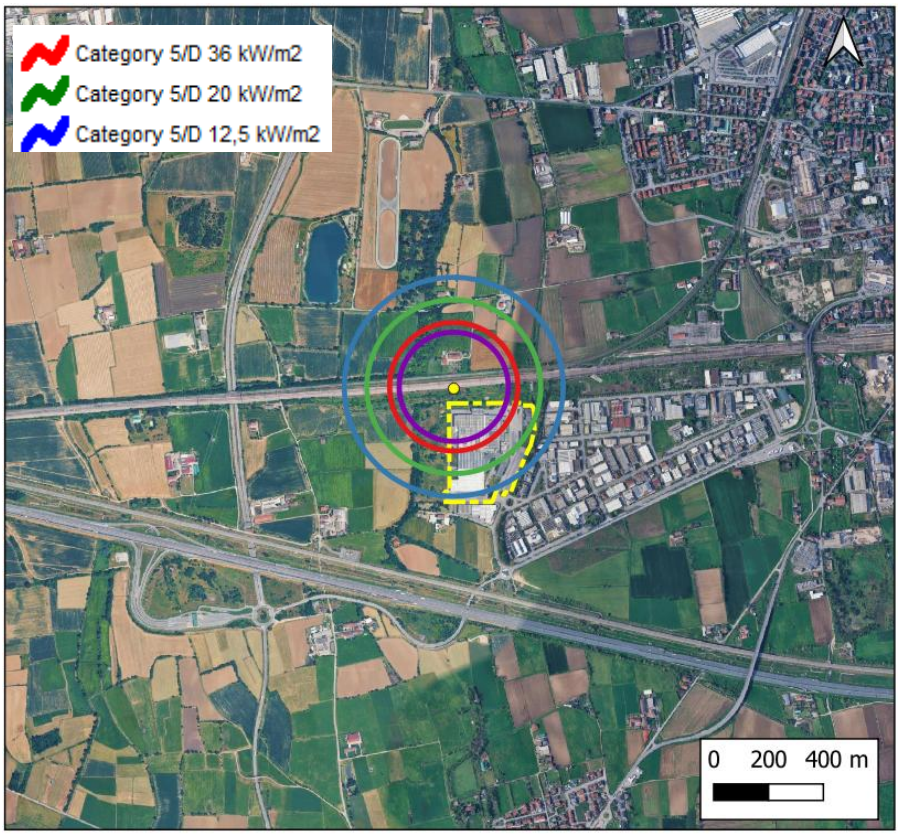

Figura 8 consequences of Fire Ball - catastrophic rupture of rail tanker.

Rispetto al danno strutturale associato a un BLEVE, può essere stimato un raggio di danno di circa 300 m, corrispondente all'area potenzialmente interessata dai frammenti generati dalla rottura del recipiente, in aggiunta al potenziale impatto sulle persone qualora venissero colpite da detriti o detriti secondari.

La Tabella 13 riassume i risultati delle simulazioni eseguite per gli scenari di rottura dei serbatoi di GPL per il trasporto ferroviario, considerando eventi di rottura catastrofica. Le intestazioni della tabella evidenziate in rosso indicano gli scenari nei quali può verificarsi un danno alle strutture, in conformità con le soglie definite nella normativa applicabile da cui sono stati derivati questi criteri.

Tabella 13 Sintesi dei raggi di danno conseguenti alla rottura di un serbatoio di GPL

	LPG	LESIONI REVERSIBILI	IRLESIONI REVERSIBILI	INIZIO LETALITÀ	ELEVATA LETALITÀ
VCE	sorgente	Distanza sottovento fino alla sovrapressione 1 (0,03 bar) (m)	Distanza sottovento fino alla sovrapressione 2 (0,07 bar) (m)	Distanza sottovento fino alla sovrapressione 3 (0,14 bar) (m)	Distanza sottovento fino alla sovrapressione 4 (0,3 bar) (m)
	Carro cisterna ferroviario	890	419	241	144
FIREBALL	"	Distanza sottovento fino al livello di intensità 1 (12,5 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 2 (20 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 3 (36 kW/m2) (m)	Diametro del fireball (m)
	Carro cisterna ferroviario	399	317	234	199
POOL FIRE	"	Distanza sottovento fino al livello di intensità 1 (3 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 2 (5 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 3 (7 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 4 (12,5 kW/m2) (m)
	Carro cisterna ferroviario	332	272	239	191
FLASH FIRE	"		Distanza fino a LFL/2 (m)		Distanza fino a LFL (m)
	Carro cisterna ferroviario		386		282

La Tabella 14 riassume i raggi di danno associati allo scenario di *pool fire*, in cui solo la soglia di irraggiamento termico di 12,5 kW/m² è considerata tale da determinare un potenziale impatto sulle strutture. La mappa delle conseguenze del *pool fire* di GPL, rappresentata nella Figura 7, mostra che gli edifici non saranno interessati da livelli di irraggiamento termico capaci di creare danni strutturali. Per ulteriori informazioni, consulta il documento di riferimento.

Tabella 14 Sintesi delle conseguenze dell'incendio di pozza di GPL e LNG

Sorgente	Materiale	Massa rilasciata (kg)	Diametro della pozza (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 1 (3 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 2 (5 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 3 (7 kW/m2) (m)	Distanza sottovento fino al livello di intensità 4 (12,5 kW/m2) (m)
Ferrovia	LPG	46700	77	332	272	239	191

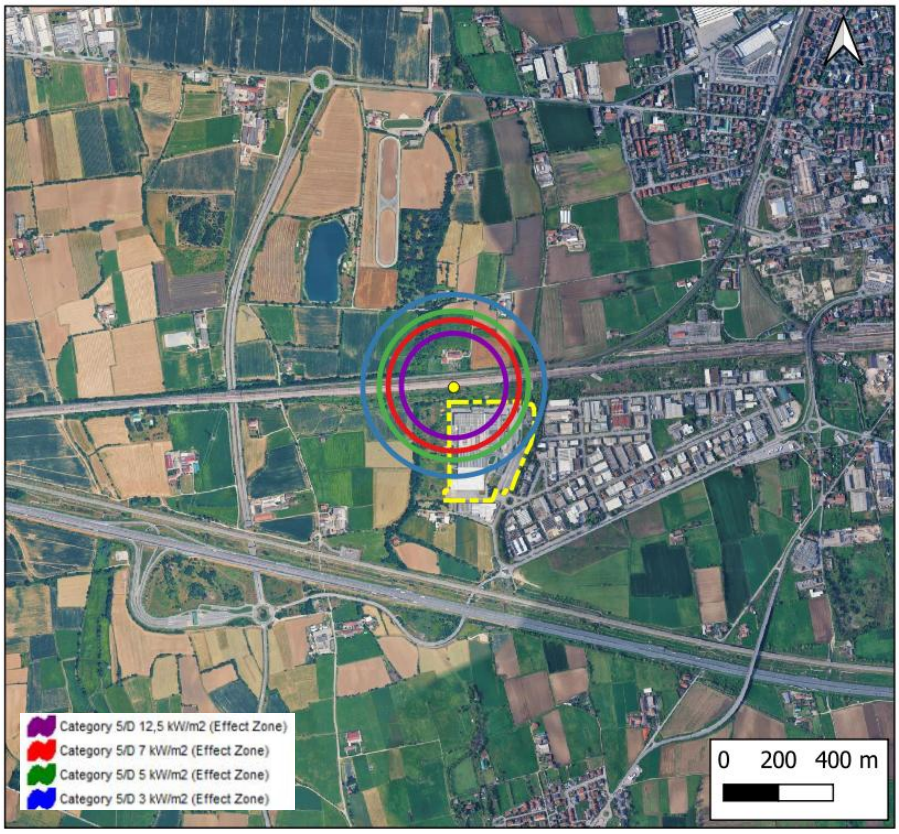

Figura 9 consequences of POOL FIRE LPG - catastrophic rupture of rail tanker.

Un indice di rischio complessivo può quindi essere riassegnato dopo il raffinamento dettagliato dell'analisi degli scenari incidentali e della valutazione delle conseguenze.

Rispetto al trasporto ferroviario, viene mantenuto lo stesso indice di rischio. Sebbene il sito si trovi all'interno di un'area che potrebbe potenzialmente essere interessata dalle conseguenze dell'esplosione di una ferrocisterna di GPL, potenzialmente capace di causare lesioni reversibili alle persone, i livelli di impatto sono compatibili con l'assunzione che le persone si troverebbero in condizioni all'aperto o che i nuovi edifici siano intrinsecamente progettati per resistere a impatti di basso livello.

LPG Tank wagon - Ferrovia

		Gravità				
		1	2	3	4	5
Frequenza	5					
	4					
	3					
	2	2 (Basso)				
	1					

5.2.2 Trasporto di sostanze tossiche

L'ammoniaca e il cloro sono gassosi a temperatura e pressione ambiente, ma vengono trasportati in forma liquida, per effetto di pressurizzazione, trasporto refrigerato o una combinazione di entrambi. Di conseguenza, viene convogliata una grande quantità di sostanza e, in caso di rilascio, possono verificarsi una rapida evaporazione e un'espansione della sostanza entro un breve lasso di tempo.

Queste due sostanze sono state selezionate sia perché sono ampiamente utilizzate, sia per rappresentarne differenti livelli di tossicità. Il cloro è caratterizzato da una tossicità molto elevata e presenta un valore di IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health / Immediatamente Pericoloso per la Vita o la Salute) molto basso, definito come la concentrazione associata a una minaccia di esposizione a contaminanti aerodispersi che potrebbe causare la morte, effetti avversi permanenti immediati o ritardati sulla salute, o compromettere la capacità di fuggire dall'ambiente. Per il cloro, el valore IDLH è pari a 10 ppm, il che indica che l'esposizione a concentrazioni relativamente basse può provocare danni gravi.

L'ammoniaca, d'altro canto, è moderatamente tossica e presenta un valore IDLH di 300 ppm. L'ammoniaca è inoltre classificata come infiammabile; tuttavia, le sue proprietà chimico-fisiche e le sue caratteristiche di propagazione della fiamma rendono il suo pericolo di incendio ed esplosione significativamente inferiore rispetto a quello di altri gas infiammabili, come il GPL, che sono già stati trattati. Pertanto, le conseguenze associate ai rilasci di ammoniaca possono essere conservativamente considerate come coperte dagli scenari di gas infiammabili precedentemente analizzati.

In aggiunta al valore IDLH, è stata considerata anche la concentrazione letale per il 50% della popolazione esposta nell'arco di 30 minuti (LC50, 30 min, uomo), al fine di rappresentare una concentrazione al di sopra della quale i decessi possono essere considerati plausibili. In questo caso, i dati disponibili sono meno

universalmente riconosciuti; pertanto, sono stati adottati valori rappresentativi di 430 ppm per il cloro e 2.500 ppm per l'ammoniaca.

Viene ulteriormente sottolineato che le concentrazioni di riferimento sopra menzionate sono intese per ambienti esterni, mentre il fatto di trovarsi all'interno di un edificio rappresenta, almeno durante le fasi iniziali dell'incidente e della successiva dispersione tossica, una significativa misura di mitigazione. A differenza degli scenari di incendio, che sono influenzati solo marginalmente dalla velocità del vento, dalla direzione del vento e dalla stabilità atmosferica, nel caso dei rilasci tossici questi parametri rappresentano dei veri e propri fattori decisivi. Lo stesso incidente può provocare decessi oppure non avere alcuna conseguenza, unicamente in funzione della direzione del vento. Al fine di condurre l'analisi in modo conservativo, è stata assunta una direzione del vento da nord per gli incidenti legati alla rete ferroviaria, così da valutare gli scenari peggiori per il sito. Per il cloro sono stati simulati due scenari. Il primo rappresenta un evento molto severo ma altamente improbabile, vale a dire una rottura importante della ferrocisterna con un rilascio pressoché istantaneo dell'intero inventario; questo scenario potrebbe potenzialmente essere innescato da un incendio esterno che porti a un BLEVE. Il secondo scenario è meno severo ma potenzialmente più frequente, e consiste in una foratura della ferrocisterna con un foro del diametro di 10 mm.

In entrambi i casi, nonostante le quantità significativamente differenti di sostanza rilasciata, gli effetti sulle persone si estendono potenzialmente su tutto il sito. Nel caso di rottura istantanea e rilascio dell'intero inventario, l'intero sito può persino ricadere all'interno di un'area classificabile ad elevata letalità. In caso di una rottura più piccola, solo una parte del sito ricade all'interno di questa zona, mentre una vasta porzione del sito può essere esposta a concentrazioni associate a lesioni reversibili.

Per l'ammoniaca, rappresentativa di una sostanza con tossicità per inalazione da medio-alta a elevata, si giunge a considerazioni simili, nonostante i diversi valori delle soglie di concentrazione di pericolo. La differenza principale risiede nel fatto che, per scenari di rilascio più moderati, una parte del sito rimane non interessata. Ciò nonostante, data la remota possibilità di un tale evento accidentale e considerando l'incertezza associata sia alla modalità di rilascio sia all'effettivo inventario trasportato, l'intero sito dovrebbe essere considerato pericoloso in via conservativa.

In tutti questi casi, come precedentemente notato, la misura di mitigazione primaria consiste nel confinamento all'interno degli edifici (sheltering), consentendo alla nube tossica di passare e disperdersi. Di conseguenza, un'efficace misura di gestione delle emergenze può consistere nell'ordinare alle persone di rifugiarsi all'interno di edifici che siano il più possibile isolati dall'ambiente esterno. Questa misura deve tuttavia essere integrata da un'efficace comunicazione con le squadre di soccorso esterne, in modo che, una volta che le condizioni lo consentano, vale a dire quando le concentrazioni tossiche all'esterno ritornano a livelli di sicurezza, si possa procedere a una tempestiva evacuazione degli edifici seguendo le istruzioni dei servizi di emergenza, evitando così l'accumulo di sostanze tossiche al chiuso.

Trasporto di sostanze tossiche - Ferrovia

		Gravità				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
Fre	**5**					

	4					
	3					
	2					
	1				4 (Medio)	

6 Analisi di sopravvivenza dei sistemi critici e domino

La valutazione degli scenari ferroviari non può limitarsi alla verifica del possibile danno diretto agli edifici o agli impianti esterni. Considerata la funzione del Data Center, è necessario valutare anche la capacità dei sistemi essenziali di mantenere la propria operatività, ovvero di raggiungere e mantenere una condizione sicura, durante e dopo un evento esterno.

L'analisi di sopravvivenza dei sistemi critici viene pertanto condotta individuando, per ciascuna infrastruttura, gli effetti potenzialmente derivanti dagli scenari ferroviari, le barriere fisiche e funzionali già previste dal progetto, le ridondanze disponibili e le verifiche o azioni residue necessarie. L'obiettivo è evitare che un evento originato all'esterno del sito determini, direttamente o attraverso la perdita di una funzione ausiliaria, l'indisponibilità delle infrastrutture IT o l'escalation verso depositi di combustibile e impianti energetici.

Tabella 15 riepilogo analisi sopravvivenza sistemi critici

Sistema o infrastruttura	Possibili effetti conseguenti a evento ferroviario	Barriere e risorse di progetto	Verifiche e azioni residue
Data hall, infrastrutture IT e locali tecnici	Ingresso di fumi o sostanze contaminanti; indisponibilità temporanea di alimentazione elettrica, raffreddamento o presidi tecnici; limitazione dell'accesso del personale	Involucro edilizio, compartimentazione, UPS e configurazione elettrica ridondata	Verificare l'autonomia effettiva in condizioni degradate e la sequenza di arresto sicuro o di mantenimento del carico IT in caso di perdita temporanea delle utilities
Gruppi elettrogeni e relativi sistemi ausiliari	Esposizione a fumo, irraggiamento termico, sovrapressione, frammenti o limitazione della ventilazione; difficoltà di accesso per manutenzione e rifornimento	Ridondanza dei gruppi, sistemi di controllo e supervisione, protezione antincendio a preazione dei gruppi e disponibilità di combustibile di emergenza	Verificare, mediante gli scenari F2 e F3, l'esposizione delle apparecchiature e delle aperture di ventilazione; definire eventuali protezioni locali e procedure di continuità/rifornimento
Belly tank, daily tank e rete combustibile	Irraggiamento termico, sovrapressione, proiezione di frammenti, perdita di contenimento o innesco secondario del combustibile	Recinzione, sistemi di contenimento, gestione delle acque potenzialmente contaminate, procedure di emergenza e sistemi	Verificare le soglie di esposizione termica e di sovrapressione; confermare l'intercettazione e l'isolamento della rete combustibile; valutare la

		antincendio associati ai gruppi	necessità di schermature o ulteriori separazioni
Sottostazione elettrica, trasformatori e apparecchiature AT/MT	Danno a componenti elettrici, indisponibilità dell'alimentazione dalla rete, coinvolgimento dell'olio isolante e possibile aggravamento di un evento incendio	Alimentazioni A e B, separazioni e compartimentazioni previste, vasche di raccolta dell'olio con capacità almeno pari al 110% del volume contenuto, sistemi di disoleazione	Verificare effetti termici, di sovrapressione e di eventuali frammenti sulle apparecchiature; valutare l'indipendenza effettiva delle alimentazioni rispetto alle aree potenzialmente esposte
Sistemi HVAC e raffreddamento	Aspirazione di fumi o nube tossica; indisponibilità temporanea del raffreddamento; possibile superamento delle condizioni termoigrometriche richieste dalle apparecchiature IT	Supervisione BMS/PIMS, ridondanza impiantistica e possibilità di gestione centralizzata dei sistemi	Definire posizione, quota e portata delle prese aria; implementare logiche di arresto/chiusura e, se compatibile con il progetto, ricircolo temporaneo; verificare tempi massimi di fermo compatibili con la continuità operativa
Sistemi di rivelazione, spegnimento incendi, controllo e comunicazione	Incremento del carico operativo durante l'emergenza; indisponibilità parziale per fumo, mancanza di accessibilità o perdita di alimentazioni ausiliarie	Rivelazione incendio in rete ridondata, sistemi di spegnimento, supervisione e presidio operativo	Verificare la disponibilità dell'alimentazione di emergenza e delle comunicazioni; integrare lo scenario ferroviario nelle prove periodiche e nelle procedure di gestione dell'emergenza
Viabilità, accessi e presenza del personale	Interdizione temporanea dell'accesso nord, limitazione di evacuazione, ingresso dei soccorsi o rifornimento dei gruppi elettrogeni	Recinzione perimetrale, controllo accessi e organizzazione delle aree esterne	Identificare e mantenere accessi alternativi, percorsi per i Vigili del Fuoco, modalità di gestione dei fornitori e punto di contatto operativo con le autorità

6.1 Possibili catene domino

Ai fini della presente analisi, per effetto domino si intende una sequenza incidentale nella quale gli effetti fisici prodotti da un incidente ferroviario determinano l'innesco di un secondo evento incidentale all'interno del Data Center, con conseguente possibile aggravamento degli effetti complessivi. La semplice perdita o indisponibilità di una funzione del Data Center conseguente all'evento esterno non viene pertanto classificata come effetto domino.

Nel caso in esame, le potenziali sequenze domino sono principalmente associate agli scenari ferroviari caratterizzati da incendio, esplosione o proiezione di frammenti. Qualora irraggiamento termico, sovrapressione o frammenti raggiungano le infrastrutture energetiche del sito con intensità sufficiente a determinarne il danneggiamento, potrebbe infatti verificarsi una sequenza del tipo rappresentato in figura.

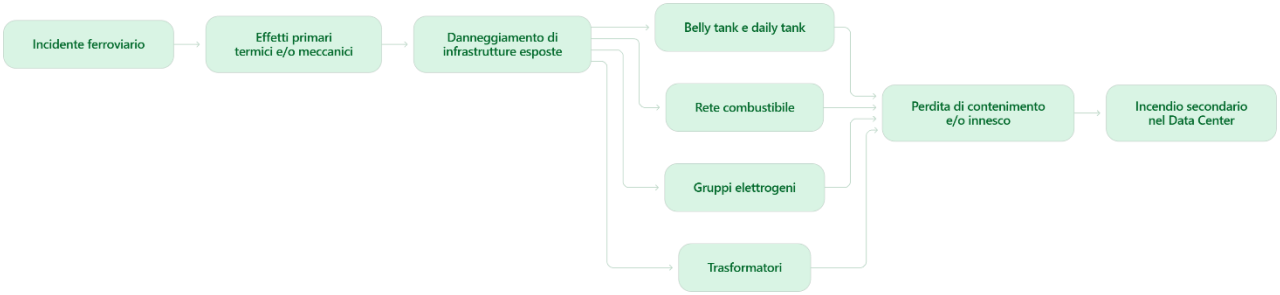

Figura 10 Schema concettuale della possibile catena di effetto domino originata da un incidente ferroviario.

L'analisi svolte identifica come potenziali effetti dominio: l'ingresso di fumi o sostanze tossiche attraverso le prese d'aria, l'arresto o l'isolamento dei sistemi HVAC, l'indisponibilità temporanea dell'alimentazione elettrica, la limitazione dell'accesso al sito o l'impossibilità di effettuare il rifornimento di combustibile costituiscono conseguenze indirette o cascata funzionale sull'operatività del Data Center, ma non effetti domino in senso incidentale.

Queste conseguenze individuate devono essere considerate nell'analisi di sopravvivenza dei sistemi critici, in quanto possono determinare condizioni operative degradate, riduzione della ridondanza, limitazione della permanenza del personale o, nei casi più severi, perdita temporanea della continuità del servizio. La loro valutazione viene pertanto mantenuta distinta dall'analisi delle sequenze domino propriamente dette.

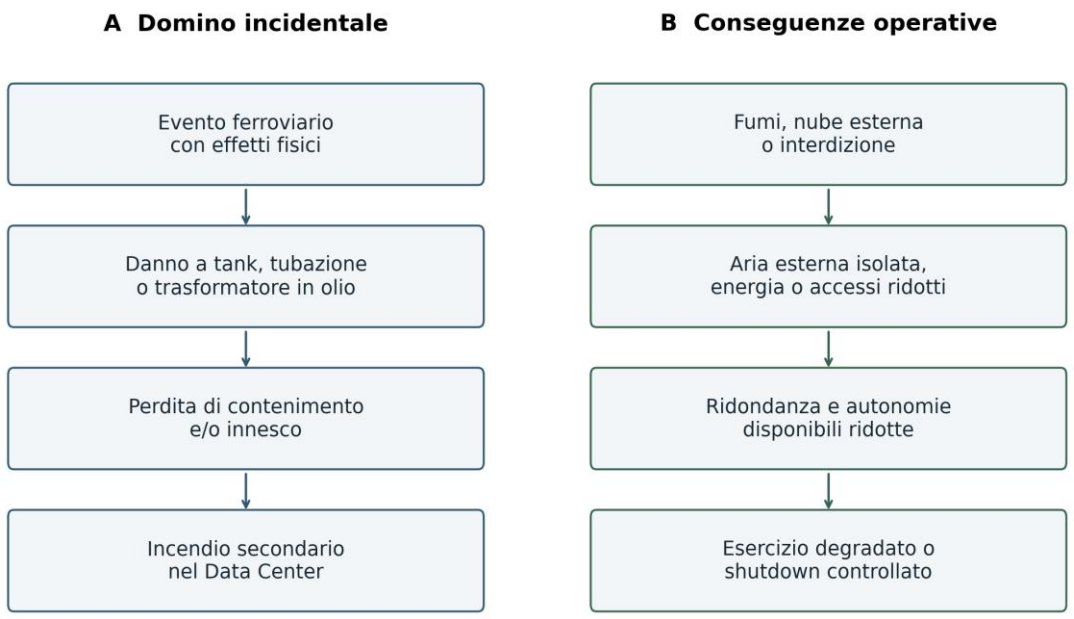

Figura 11 schema percorsi condizionali.

Gli schemi indicano percorsi condizionali, non eventi dimostrati né esiti inevitabili. La credibilità del pannello A dipende dalle verifiche di esposizione e vulnerabilità; il pannello B richiede verifica delle autonomie e delle procedure.

Tabella 16 Valutazione preliminare delle possibili catene di effetto domino e dei percorsi fisici da verificare.

Bersaglio	Percorso fisico da verificare	Giudizio preliminare
Belly tank e day tank	Calore/urto/frammenti → cedimento → rilascio e innesco	Da verificare; 100 m è solo quota del primo serbatoio in layout, non garanzia di esclusione.
Gruppi e rete diesel	Danno a tubazioni o componenti con combustibile → perdita/incendio	Da verificare alle posizioni reali; il solo fermo del gruppo è perdita funzionale
Trasformatori AT/MT in olio	Esposizione termica/meccanica → guasto/rottura e incendio d'olio	Possibile domino per pool fire olio.
Moduli MT/BT in resina	Danno esterno → eventuale incendio di componenti	Nessun pool fire d'olio attribuibile al trasformatore in resina.
Batterie Li-ion	Calore o danno fisico → possibile runaway e propagazione interna	Condizionale a esposizione, involucro e protezioni; la sola perdita elettrica non è domino.

Bersaglio	Percorso fisico da verificare	Giudizio preliminare
Batterie AGM/VRLA SSE	Danno fisico/termico → eventuale evento secondario specifico	Da distinguere dai Li-ion; verificare locali, ventilazione e dispositivi, senza attribuire stesso meccanismo.
Condotte gas/ossigeno	Danno credibile → rilascio combustibile o arricchimento in ossigeno	Pertinenza da verificare dopo conferma di tracciati e servizio condotte gas conbustibile; ossigeno non combustibile.

6.2 Infrastrutture lineari e interferenze impiantistiche

Nella valutazione degli effetti domino dovranno essere considerate anche le infrastrutture lineari eventualmente presenti nel sito o nelle sue immediate vicinanze. In particolare, il materiale progettuale segnala la possibile presenza di reti di gas e ossigeno; tali reti dovranno essere individuate con precisione nelle tavole di progetto, specificando il relativo tracciato, le quote, le caratteristiche costruttive, gli eventuali punti di intercettazione e la distanza dalla sede ferroviaria, dai gruppi elettrogeni, dai serbatoi di combustibile e dalla sottostazione elettrica.

Le reti lineari possono assumere rilevanza sia come bersagli di un effetto esterno sia come possibili elementi di propagazione dell'evento. Un danneggiamento meccanico, termico o da sovrapressione potrebbe infatti provocare perdita di contenimento, indisponibilità di una funzione ausiliaria o, nel caso di fluidi combustibili o comburenti, aggravare le condizioni di un eventuale incendio secondario.

Una volta definita la geometria di tali infrastrutture, le relative posizioni dovranno essere sovrapposte alle mappe degli effetti modellati. Qualora una rete, un punto di intercettazione o una relativa apparecchiatura ricada in una zona caratterizzata da livelli di radiazione termica, sovrapressione o dispersione incompatibili con le sue caratteristiche di resistenza e di esercizio, l'elemento dovrà essere assunto come bersaglio aggiuntivo della valutazione. Dovranno quindi essere definite, ove necessarie, misure specifiche quali protezione fisica, incremento della separazione, intercettazione remota, segnalazione, controllo delle perdite o integrazione nelle procedure di emergenza.

7 Prevenzione, gestione dell'emergenza e coordinamento

Le misure individuate nella presente sezione sono finalizzate a ridurre la vulnerabilità del Data Center rispetto agli scenari ferroviari, a prevenire l'eventuale sviluppo di effetti domino e a garantire una risposta organizzata in caso di evento esterno. Le misure comprendono interventi progettuali, verifiche tecniche, procedure operative, predisposizione di informazioni di emergenza ed esercitazioni.

L'impostazione adottata distingue tra misure preventive, volte a ridurre l'esposizione o a migliorare la resistenza dei sistemi critici, e misure gestionali, finalizzate a proteggere il personale, assicurare il funzionamento in condizioni degradate e favorire il coordinamento con le autorità e con il gestore ferroviario.

Tabella 17 prevenzione e gestione dell'emergenza – raccomandazioni.

Codice	Misura	Finalità	Priorità
M1	Rappresentare nelle tavole di progetto la posizione, la quota e le caratteristiche delle prese aria esterne. Integrare nei sistemi BMS/PIMS una logica di comando per l'arresto o la chiusura delle prese aria, con eventuale attivazione di modalità di ricircolo temporaneo ove compatibile con le esigenze di sicurezza e continuità del Data Center.	Ridurre il rischio di ingresso di fumi, prodotti della combustione o nube tossica negli ambienti interni e proteggere il personale e le apparecchiature IT.	Alta
M2	Mantenere libera e accessibile la fascia interna prospiciente il lato nord, evitando la collocazione di nuovi depositi, sorgenti di innesco, materiali combustibili o infrastrutture non indispensabili nelle aree maggiormente esposte alla ferrovia.	Preservare la separazione fisica dalla sorgente esterna, limitare il carico di incendio e mantenere disponibili spazi utili per accesso, ispezione e soccorso.	Alta
M3	Eseguire le modellazioni quantitative degli scenari con sostanze infiammabili e verificare, rispetto ai risultati di radiazione termica, sovrapressione e frammenti, l'esposizione di belly tank, daily tank, gruppi elettrogeni, sottostazione e relative apparecchiature.	Confermare l'assenza di condizioni di coinvolgimento secondario e definire eventuali opere integrative di schermatura, protezione o separazione.	Alta
M4	Integrare il piano di emergenza del Data Center con uno specifico scenario di incidente ferroviario, disciplinando criteri di attivazione, gestione accessi, fermo HVAC, confinamento temporaneo, evacuazione selettiva, verifica delle utilities e comunicazioni.	Garantire una risposta tempestiva, coerente con gli scenari esterni e compatibile con le funzioni critiche del sito.	Alta

M5	Individuare e mantenere operativi accessi alternativi per i mezzi di soccorso, il personale tecnico, i manutentori e gli eventuali mezzi di rifornimento del combustibile, indipendenti, per quanto possibile, dal fronte ferroviario.	Assicurare la continuità dell'accessibilità del sito e ridurre il rischio di ritardi nei soccorsi o nelle attività necessarie al mantenimento dell'operatività.	Media
M6	Programmare esercitazioni periodiche dedicate alla gestione di fumi o nube esterna, comprendenti la chiusura delle prese aria, le comunicazioni interne, il controllo degli accessi e il coordinamento con i soccorsi.	Verificare tempi di attivazione, ruoli, efficacia delle logiche BMS/PIMS e adeguatezza delle procedure.	Media

Le misure indicate dovranno essere tradotte, ove necessario, in elaborati progettuali, specifiche impiantistiche e procedure del sistema di gestione del Data Center.

7.1 Sequenza di risposta in caso di evento ferroviario

La gestione dell'emergenza dovrà essere definita nel piano di emergenza del Data Center in coerenza con i piani e le procedure delle autorità competenti. Il personale del sito non interviene sulla sede ferroviaria né svolge attività di soccorso esterno; la sua funzione consiste nella protezione del personale presente, nella messa in sicurezza degli impianti di competenza, nel mantenimento delle funzioni critiche e nella collaborazione informativa con i soggetti preposti alla gestione dell'emergenza.

La sequenza di risposta dovrà essere modulata in funzione delle informazioni rese disponibili dalle autorità. In presenza di un evento con fumo, incendio, rilascio di sostanze o interdizione della fascia ferroviaria, il Responsabile della gestione dell'emergenza del Data Center dovrà attivare l'organizzazione interna, valutare le condizioni meteorologiche disponibili e applicare le misure previste per il personale, gli accessi e i sistemi impiantistici.

Tabella 18 gestione del caso di evento ferroviario.

Fase	Azioni del Data Center	Interfaccia con soggetti esterni
Allertamento e attivazione	Ricezione dell'informazione di emergenza attraverso i canali istituzionali o le comunicazioni disponibili; attivazione del Responsabile della gestione dell'emergenza e del presidio tecnico; raccolta delle informazioni essenziali sull'evento, sulle	Chiamata ai numeri di emergenza 112 e/o 115 quando necessaria; ricezione delle disposizioni delle autorità competenti. Il contatto con RFI o con l'impresa ferroviaria avviene secondo i canali e le modalità definiti dalle autorità

	aree interdette e, se disponibile, sulla direzione del vento.	o da eventuali accordi operativi formalizzati.
Protezione immediata	Sospensione delle attività non essenziali nelle aree esterne; controllo degli accessi; attivazione del fermo o della chiusura delle prese aria, qualora previsto dalle condizioni dell'evento; adozione di misure di confinamento temporaneo o di evacuazione selettiva secondo le istruzioni ricevute.	I Vigili del Fuoco, la Prefettura e le autorità di pubblica sicurezza definiscono l'area di sicurezza, le eventuali misure di evacuazione e le limitazioni alla circolazione.
Verifica della continuità operativa	Controllo dello stato di rete elettrica, UPS, gruppi elettrogeni, disponibilità di combustibile, raffreddamento, HVAC, sistemi antincendio, BMS/PIMS e collegamenti di comunicazione. Verifica di eventuali allarmi o anomalie nelle aree tecniche esterne.	Condivisione con i soccorsi delle informazioni necessarie sull'assetto impiantistico del sito, sugli eventuali combustibili presenti e sulle condizioni di accessibilità. Coordinamento per l'eventuale ingresso di mezzi tecnici e per il rifornimento carburante.
Gestione prolungata	Mantenimento della configurazione operativa sicura; verifica delle autonomie disponibili; eventuale limitazione programmata dei carichi non essenziali; gestione dei turni del personale e delle attività di manutenzione in funzione dell'accessibilità del sito.	Aggiornamenti alle autorità sullo stato del sito e recepimento delle disposizioni relative alla permanenza delle misure di protezione o all'eventuale riapertura degli accessi.
Ripristino e chiusura	Ispezione delle aree potenzialmente esposte; verifica della qualità dell'aria, dello stato delle prese aria e dell'assenza di danni a gruppi, serbatoi, sottostazione e altri sistemi critici; riavvio graduale degli impianti eventualmente fermati e registrazione dell'evento.	Ripristino delle normali attività a seguito delle indicazioni delle autorità competenti e, ove necessario, confronto con il gestore ferroviario per la chiusura dell'evento e l'aggiornamento delle procedure.

La procedura dovrà prevedere espressamente che il fermo delle prese aria o dell'HVAC sia attuato solo secondo logiche preventivamente validate dal progettista impiantistico e dal gestore del Data Center. Tale misura, sebbene essenziale per limitare l'ingresso di contaminanti, deve infatti risultare compatibile con il mantenimento delle condizioni termoigrometriche richieste dagli apparati IT e con le esigenze di sicurezza delle persone presenti.

7.2 Coordinamento con soggetti competenti

Il coordinamento con i soggetti esterni dovrà essere formalizzato nell'ambito del piano di emergenza del Data Center, mediante l'individuazione di ruoli, contatti aggiornati, informazioni da rendere disponibili e modalità di comunicazione. Il piano dovrà essere coerente con il fatto che la gestione dell'evento ferroviario e l'eventuale soccorso tecnico urgente restano di competenza del gestore dell'infrastruttura ferroviaria, delle imprese ferroviarie interessate e delle autorità pubbliche preposte.

I principali soggetti da considerare sono RFI, quale gestore dell'infrastruttura ferroviaria, le eventuali imprese ferroviarie identificate dalle autorità in relazione allo specifico evento, la Prefettura competente, il Comando provinciale dei Vigili del Fuoco, il Comune di Treviglio, le strutture di Protezione Civile, il servizio di emergenza sanitaria e le Forze dell'Ordine. L'effettiva attivazione dei diversi soggetti e le rispettive competenze dipenderanno dalla natura e dalla gravità dell'evento.

Il Data Center dovrà rendere prontamente disponibili ai soccorritori e alle autorità le informazioni necessarie per una corretta gestione dell'interferenza tra l'evento ferroviario e il sito. Tali informazioni dovranno comprendere almeno: planimetria aggiornata con accessi, viabilità interna, aree tecniche, gruppi elettrogeni, serbatoi di combustibile, sottostazione, sistemi antincendio e prese aria; inventario dei combustibili e degli eventuali altri fluidi pericolosi presenti; recapiti di reperibilità h24; indicazione delle funzioni critiche da preservare; eventuali condizioni di sicurezza per l'accesso alle aree tecniche.

Il Data Center opera quindi come soggetto potenzialmente esposto e come titolare delle proprie misure di sicurezza interne. Non sostituisce i canali pubblici di emergenza, non assume funzioni di coordinamento del soccorso ferroviario e non interferisce con le disposizioni impartite dalle autorità competenti. Il suo contributo consiste nella tempestiva messa in sicurezza delle infrastrutture di competenza, nella tutela del personale, nella disponibilità delle informazioni tecniche e nella collaborazione necessaria affinché le operazioni di emergenza possano svolgersi senza determinare ulteriori rischi per il sito.

8 RIFERIMENTI

- American Institute of Chemical Engineers. (1989). *CCPS Guidelines for process equipment reliability data with data tables*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers.
- American Institute of Chemical Engineers. (1993). *CCPS Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes*.
- American Institute of Chemical Engineers. (2001). *CCPS Layer of protection analysis: Simplified Process Risk assessment*. American Institute of Chemical Engineers - Center of Chemical Process Safety.
- P.A.M. Uijt de Haag, & B.J.M. Ale. (2005). *Guidelines for quantitative risk assessment, CPR 18E "Purple Book."* TNO.
- D.Lgs. 152/2006 per gestione rifiuti/reflui/contaminazione;
- D.P.R. 151/2011 se mantieni il riferimento al registro controlli antincendio;
- documentazione progettuale.
- Molag, M., & Elbers, S.J. (2006). Reduction of the risks of transport of ammonia and LPG in the Netherlands. In C. Guedes Soares & E. Zio (Eds.), Safety and Reliability for Managing Risk, Taylor & Francis Group, London, pp. 2691–2696. ISBN 0-415-41620-5.